

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24659837

研究課題名(和文) 小型ハンディMRIスキャナの開発

研究課題名(英文) Invention of handy-type MR scanner

研究代表者

富田 世紀 (TOMITA, Seiki)

大阪大学・歯学研究科(研究院)・招へい教員

研究者番号：70619999

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、片手で操作できる手持ちのMRIスキャナを開発することであった。対象が静磁場の中に入らないため、傾斜磁場を印加することができないため、1断面のみの撮像ができるスキャナを作成した。重さは2 kgとなり、片手で持つことができた。撮影した画像は信号/雑音比が大きく、詳細な診断は不可能であったが、撮影の可能性を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop an handy-type MR scanner hand which can be operated with single hand. Since the object was not set in the static magnetic field, we could not apply a gradient magnetic field to the object. So, we made a scanner that can produce only single slice. The weight of the scanner was 2 kg, so that we could operate it with single hand. Because a signal to noise ratio was large, a detailed diagnosis was impossible. But, we have confirmed the usefulness and possibility of imaging by the small handy-type MR scanner..

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：MRI 画像診断

## 1. 研究開始当初の背景

狭いスペースで撮像可能なMRIスキャナは、国内外に小動物用のものが存在するが、原理や機構は大型のMRIスキャナを小型化したもので、筒状の静磁場に小動物を設置し、これに電波を照射して断層画像を得るものである。本研究で開発予定の装置は、従来の装置を単に小型化したものではなく、新しい原理と概念で手軽な省スペース型のスキャナを開発しようとしたものである。

研究者は、産業技術総合研究所の共同研究員として、既存のMRIスキャナ用の送受信コイルを作成しており、その技術を習得した。日々の放射線科外来診療では、MRI画像の高い軟部組織間コントラストが画像診断に大きく寄与していることを確認してきた。しかしながら、MRIの装置は高価で大きく、およそ一般診療所には設置できるものではない。超音波装置は、内科や泌尿器科を中心に一般診療所にも設置されており、超音波装置のような手軽に設置・スキャンができるMRIができないものかと考えた。

画像化に成功すれば、超音波装置のごとくの診療ができる道筋を得ることができる。本装置は、口腔のみならず、四肢や腹部など全身の領域に応用が可能で、広く画像診断に貢献できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

高価で大きな場所が必要な従来のMRIスキャナに代わり、外来診療でも使用可能な小型でハンディタイプのMRIスキャナを開発することを研究の目的とした。

画像診断に大きく寄与するMRIの高い軟部組織間コントラストを損なうことなく、また断層画像の良さを維持したまま、手軽に使用できるMRIスキャナを作成することが目標であった。ただし、小型の装置では傾斜磁場を作成できないので連続断面や任意断面は獲得できないが、逆に、超音波検査のごとく、スキャナを動かすことにより、希望の断面画像を得ることができると考えた。

## 3. 研究の方法

### (1) 静磁場発生コイルの作成

直径20cmで幅が3cm程度のドーナツ型のプラスチック製環状物に銅線を巻き付け、主コイルとなる静磁場発生装置を作成した。

コンデンサを介し電流を通じ、電流とコンデンサの値を変化させたときの、コイルの入力インピーダンスと磁場強度の周波数特性を測定した。また、インピーダンス変換回路を付加するなどして、入力インピーダンスを可及的に大きくし、磁界の強度を大きくした。

MRI撮像では、この磁場の均一性が最も

重要な問題で、この均一性を損なえば画像は取得できない。この際の磁場の均一性を、ガウスメータを用いて測定し、コイルの巻き数、コイルの直径、巻く方向に垂直な長さの最適値を模索した。

均一性がはかれなかったため、直径を10cm、5cmと小さくして均一性が10ppm未満となるまでこのステップを繰り返した。

次に、既存のNMR磁場測定器ETM-1000M(テスラメータ)にて、作成した絶対磁場強度を測定した。測定精度は10 $\mu$ T程度とした。磁場プローブを用いて、コイル内の各所を測定した。

磁場は再び不均一になったので、磁場の不均一を補正するため、小鉄片を磁場強度の低い部位に取り付けた。

### (2) 送受信コイルの作成

RFパルスを照射するための送信コイル、対象からの信号をキャッチするための受信コイルを通法に従って作成した。この送受信コイルの大きさは、(1)の静磁場発生コイルとほぼ同じ大きさで同じデザインとした。すなわち、(1)と同様の直径20cmで幅が3cm程度のプラスチック製環状物に銅線を数回程度巻き付け、送受信コイルとなるRFパルス送受信装置を作成した。

RFパルスは、MRI用パルスパワーアンプ・LPPA 17040Wを用いて発生させた。このコントロールには、RF出力制御用PC・HP57210を用いた。

### (3) 自作送受信コイルを用いて、既存MRI装置による撮像

自作した送受信コイルを、既存のMRIスキャナ(GE社製Signa HDxt)と連結し、対象物をペットボトルに水と油で満たした容器として、撮像した。

## 4. 研究成果

### (1) 静磁場発生コイルの作成

直径20cmで幅が3cm程度のドーナツ型のプラスチック製環状物に銅線を巻き付け、主コイルとなる静磁場発生装置を作成した。

コンデンサを介し電流を通じ、電流とコンデンサの値を変化させたときの、コイルの入力インピーダンスと磁場強度の周波数特性を測定した。また、インピーダンス変換回路を付加するなどして、入力インピーダンスを可及的に大きくし、磁界の強度を大きくした。

その結果、特徴的な周波数特性が得られたが、入力インピーダンスには限界があり、周囲の鉄製器具などを引き寄せる危険性が生じた。

MRI撮像では、磁場の均一性が最も重要な問題で、この均一性を損なえば画像は取得できない。この際の磁場の均一性を、ガウスメータを用いて測定し、コイルの巻き数、コイルの直径、巻く方向に垂直な長さの最適値

を検討した。

目標を直径が 10 cm の場合に 10 ppm 以下と設定したが、2 桁オーダほど不均一となった。

次に、既存の NMR 磁場測定器 ETM-1000M(テスラメータ)にて、作成した絶対磁場強度を測定した。測定精度は 10  $\mu$ T 程度と設定した。磁場プローブを用いて、コイル内の各所を測定した結果、不均一性は 300 ppm 以下とならず、高い磁場の均一性を得ることは不可能であった。

また、鉄片を各所に設置し、磁場の均一性を図ったが、改善されなかった。

#### (2) 送受信コイルの作成

R F パルスを送射するための送信コイル、対象からの信号をキャッチするための受信コイルを通常に従って作成した。すなわち、(1)と同様の直径 20 cm で幅が 3 cm 程度のプラスチック製環状物に銅線を数回程度巻き付け、送受信コイルとなる R F パルス送受信装置を作成した。

R F パルスは、今回購入した MRI 用パルスパワーアンプ・LPPA 17040W を用いて発生させた。

#### (3) 自作送受信コイルを用いて、既存 MRI 装置による撮像

自作した送受信コイルを、既存の MRI スキャナ(GE社製 Signa HDxt)と連結し、対象物をペットボトルに水と油で満たした容器として、撮像した。この時点では、対象は、ほぼ 1.5 テスラの磁場強度で、傾斜磁場により断面が設定され、R F パルスの発生は既存の機器のハードウェアを使用し、受信後の画像作成も既存機器のソフトウェアを使用した。

その結果、画像を得ることはできたが、信号/雑音比が大きく、ペットボトルの形状がわずかに描出される程度で、臨床の診断には、装置の大幅な改善が必要であると考えられた。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計7件)

Comparison of the T2 Relaxation Time of the Temporomandibular Joint Articular Disk between Patients with Temporomandibular Disorders and Asymptomatic Volunteers.

Kakimoto N, Shimamoto H, Chindasombatjaroen J, Tsujimoto T, Tomita S, Hasegawa Y, Murakami S, Furukawa S. AJNR Am J Neuroradiol. 2014

Perineural spread of adenoid cystic carcinoma in the oral and maxillofacial regions: evaluation with contrast-enhanced CT and MRI.

Shimamoto H, Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Kishino M, Murakami S, Furukawa S.

Dentomaxillofac Radiol. 2012

Feb;41(2):143-51. doi:

10.1259/dmfr/21825064.

Diffuse large B-cell lymphoma of the mandible with periosteal reaction: a case report.

Okahata R, Shimamoto H, Marutani K, Tomita S, Nakatani A, Kishino M, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2014 Feb;117(2):e228-32. doi:

10.1016/j.oooo.2013.12.002

MRI in a case of osteosarcoma in the temporomandibular joint.

Uchiyama Y, Matsumoto K, Murakami S, Kanesaki T, Matsumoto A, Kishino M, Furukawa S.

Dentomaxillofac Radiol.

2014;43(2):20130280. doi:

10.1259/dmfr.20130280.

Odontogenic tumor in the mandible: a case report and review of literature.

Shimamoto H, Kishino M, Okura M, Chindasombatjaroen J, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011 Dec;112(6):798-802. doi:

10.1016/j.tripleo.2011.06.025.

Temporomandibular joints in patients with rheumatoid arthritis using magnetic resonance imaging.

Uchiyama Y, Murakami S, Furukawa S.

Clin Rheumatol. 2013 Nov;32(11):1613-8.

doi: 10.1007/s10067-013-2323-2.

CT and MR imaging features of a case of calcifying epithelial odontogenic tumor.

Uchiyama Y, Murakami S, Kishino M, Furukawa S.

JBR-BTR. 2012 Sep-Oct;95(5):315-9.

[学会発表](計12件)

13th ECDMFR. 2012年6月14日.

USEFULNESS OF IDEAL IN ORAL AND MAXILLOFACIAL MR IMAGING -PHANTOM STUDY-. S. MURAKAMI, Y. FUJINAMI, N. KAKIMOTO, H. SHIMAMOTO, M. KATAOKA, S. TOMITA, A. NAKATANI, Y. UCHIYAMA, T. SASAI, I. SUMIDA, T. TSUJIMOTO, S. FURUKAWA

13th ECDMFR. 2012年6月14日.

COMPARISON OF FAT SUPPRESSION METHODS ADDING ON DIFFUSION-WEIGHTED MR IMAGES. H. SHIMAMOTO, T. TSUJIMOTO, M. KATAOKA, S. TOMITA, I. SUMIDA, N. KAKIMOTO, S. MURAKAMI, S. FURUKAWA

13th ECDMFR. 2012年6月15日.

APPROPRIATE FLIP ANGLE AND SUITABLE FOOD FOR USE IN FIESTA MRI CINE ACQUISITION. T. TSUJIMOTO, M. KATAOKA., S. TOMITA., H.

SHIMAMOTO., I. SUMIDA., A. NAKATANI., Y. UCHIYAMA., T. SASAI., N. KAKIMOTO., S. MURAKAMI., S. FURYKAWA.

第19回実技研修会・頭頸部のMRI診断法. 2012年3月4日. MRIの原理と応用. 村上秀明

2013 International Symposium for Advanced Biomaterials and Tissue Engineering. 2013年9月28日. Stereoscopic Image in Oral and Maxillofacial Region. Murakami-S

2013 ICDMFR, The 19th International Congress of Dento-Maxillo-Facial Radiology. 2013年6月25日. T2 relaxation time of posterior attachment of TMJ on TMD patients and asymptomatic volunteers. Kakimoto-N, Shimamoto-H, Chindasombatjaroen-J, Okahata-R, Marutani-K, Tsujimoto-T, Tomita-S, Murakami-S, Furukawa-S.

2013 ICDMFR, The 19th International Congress of Dento-Maxillo-Facial Radiology. 2013年6月26日. Diffuse large B-cell lymphoma of the mandible with periosteal reaction. Okahata-R, Shimamoto-H, Marutani-K, Tomita-S, Kakimoto-N, Nakatani-A, Kishino-M, Murakami-S, Furukawa-S.

2013 ICDMFR, The 19th International Congress of Dento-Maxillo-Facial Radiology. 2013年6月27日. Evaluation of scatter dose from dental materials in head and neck radiation therapy. Shimamoto-H, Sumida-I, Marutani-K, Okahata-R, Tsujimoto-T, Tomita-S, Kakimoto-N, Murakami-S, Furukawa-S.

64th AAOMR. 2013年10月3日. T2 value of TMJ. Kakimoto-N, Shimamoto-H, Okahata-R, Marutani-K, Tsujimoto-T, Murakami-S, Furukawa-S

64th AAOMR. 2013年10月3日. Metallic artifact on MR images and magnetic susceptibility. Tsujimoto-T, Kakimoto-N, Shimamoto-H, Murakami-S, Terai-T

2013 International symposium for advanced biomaterials and tissue engineering. 2013年9月28日. Stereoscopic image in oral and maxillofacial region. Murakami-S

2013 Chonnam National University Special Seminar. 2013年9月29日. Application of MRI onto the oral tumors. Murakami-S, Kakimoto-N, Fuchihata-H, Kishino-M.

研究者番号：70619999

(2)研究分担者

村上 秀明 (MURAKAMI, Shumei)

大阪大学・歯学研究科・准教授

研究者番号：00263301

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

富田 世紀 (TOMITA, Seiki)

大阪大学・歯学研究科・招へい教員