

養成技術者の研究・研修成果等

1. 養成技術者氏名： 齋藤 もよこ

2. 養成カリキュラム名： ^{13}C を用いた磁気共鳴分光画像システムの開発

3. 養成カリキュラムの達成状況

全体として、実施項目をほぼ予定通り行うことが出来た。現在は、 1H デカップリング ^{13}C MRS を臨床応用に用いるために、ファントム実験で得られた安全評価の結果の取りまとめを行っている。また、 ^{13}C の磁化を 1H に移動させることにより間接的に ^{13}C 信号を観測するための方法 (HMQC 法) のパルスシーケンスの最適化を行っている。

4. 成果

2. 研究開発業務の概要

通常 MR 装置はプロトン (水分子中の水素原子) に由来する信号を検出・画像化しているが、水分子以外の生体内に由来する信号には、種々の代謝情報が含まれている。 ^{13}C -MRS (磁気共鳴分光法) は、 ^{13}C 標識化合物をトレーサーとして投与し、その代謝産物の信号を動的・経時的に観測することにより、直接、物質代謝の様子を調べることができる。神戸先端医療センターにおいて、NEDO 医学工学連携事業「高次生体情報の画像化による診断・治療システムに関する基盤研究」における糖代謝動態計測システムの開発に従事し、産業技術総合研究所で関連する試験研究を行ってきた。具体的には、超高磁場 3.0 T MR 装置を用いて、投与された安定同位体元素 ^{13}C を標識した化合物、あるいは天然に存在している ^{13}C の、肝臓での動態変化を経時的に観測するための高感度な ^{13}C -MRS システムの研究開発を進めている。

3. 成果の概要

1. 代謝計測用 $1\text{H} / ^{13}\text{C}$ ダブルチューンコイルの製作

超高磁場で糖代謝を計測するには、 ^{13}C 腹部用サーフェスコイルと、 1H の磁化を ^{13}C へ移動 (NOE) および ^{13}C の多重ピークを 1 つのピークに変更させて感度を向上させるための 1H 用デカップリングコイルが必要である。平成 14 年度は試作品としてそれぞれのコイルを個別に試作したが、それに引き続き、臨床用の測定コイルとして $1\text{H} / ^{13}\text{C}$ ダブルチューンコイルの製作を行った (図 1)。

2. デカップリングシステムの最適化

MR 信号の発生やデータ収集はパルスシーケンスで定義されるが、実際には、常に装置の動作の検証と最適化が必要である。 1H デカップラーのための RF 波が ^{13}C コイルに検出され、 ^{13}C の信号にノイズとして現れるのを防ぐために、ローパスフィルターを作製し、 ^{13}C 用プリアンプと TR スイッチの間に設置した。また、隣接していた 1H および ^{13}C の同軸ケーブルを物理的に離れるようにハードウェアの設計を変更した。

3. パルスシーケンスおよび糖代謝画像計測システムの開発

現在、わが国における MR 装置を安全に使用するための指針 (JIS 規格) は、IEC (International Electrotechnical Commission) から示された International Standard 60601-2-33 に準拠している。指針では高周波による単位組織当たりのエネルギー吸収量 (specific absorption rate: SAR) および上昇温度の上限値などが定められている。

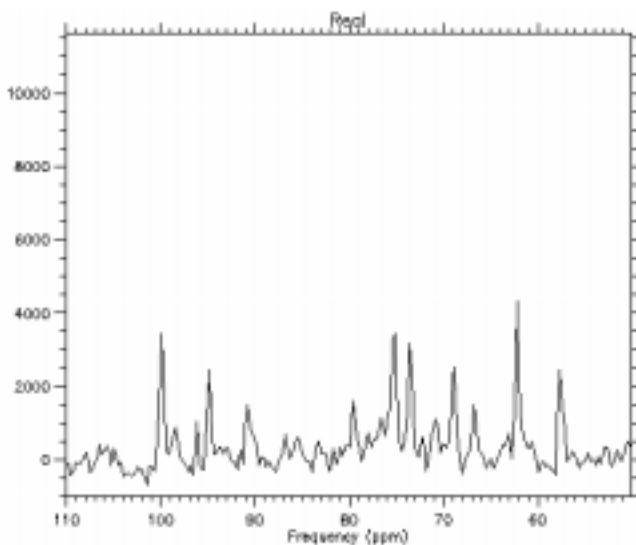
安全評価のために、SAR および体温上昇の上限値以下の 1H デカップリングパワーを用いた 2 種類のファントム実験を行い、*in vivo* 1H デカップリング 13C MRS における安全評価を行った。具体的には、SAR の上限値以下を満たしかつ大きな 1H デカップリング効果を得られるパラメータにて、寒天ゲルファントムを用いた 1H デカップリング 13C MRS 実験を行い、寒天内部の温度上昇を測定し、1 時間を超える 1H デカップリング照射においてもその安全性を確認できた。次に、標識されていないグルコース水溶液ファントムを用いて、1H デカップリングパラメータを順次変更し、より低い 1H デカップリングパワーで全てのグルコース 13C 信号がデカップルできることを確認した。この実験により、同じデカップリング効果を得るにも、パラメータの組み合わせ方によっては、そのエネルギーに 6 倍もの差が出るということがわかった (図 2)。

4. 医工連携に必要な基礎知識の修得

医学系研究者と共に共同研究を行うことにより、実際に臨床で求められている事柄を理解することができる。さらに、その情報を基に装置開発技術者と相談することにより、要求の方向に合った装置や測定方法を開発するといった、医療機器開発に求められる安全・快適設計の知見をオンタイムに得ることができた。



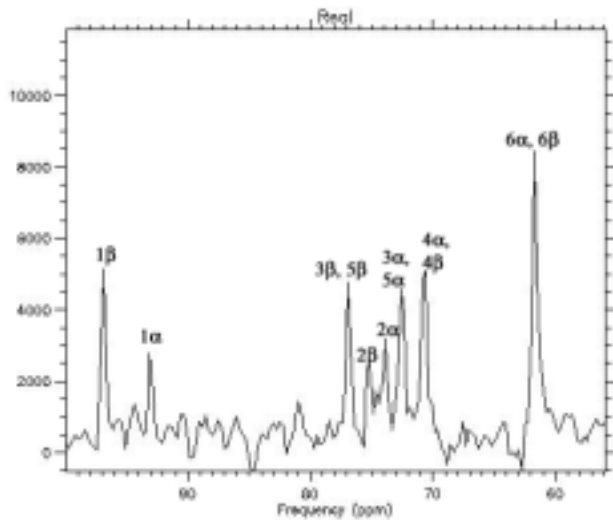
図 1. 1H / 13C ダブルチューンコイル .
1H は 128.91 MHz に、13C は 32.165 MHz にそれぞれ調整されている .



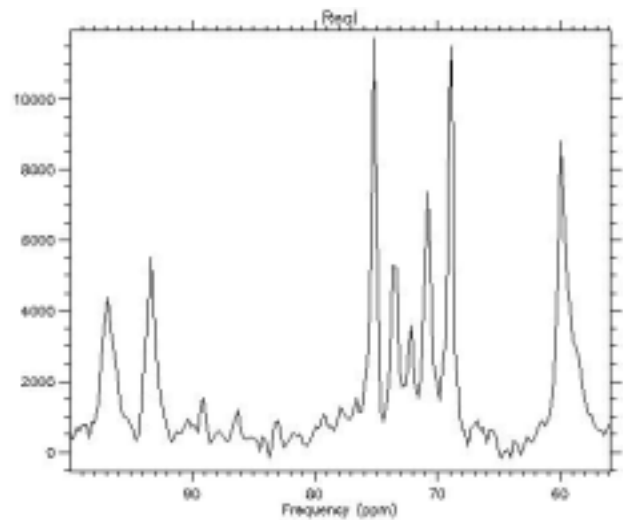
a)

図 2. 標識していないグルコースファントムの 13C スペクトル . a) 1H デカップリングなし、b) 1H デカップリングの 90° パルスの長さ 1.0 ms、デカップリングパワー 47 dBm、c) 9.0 ms、39 dBm .

1H デカップリングされていない 13C スペクトル (a) は 1H-13C スピン-スピン結合により、それぞれのピークが 2 つに分裂しており、1H デカップリングされたスペクトル (b,c) と比べるとその信号強度は小さい . また、b ではデカップリング帯域が c よりも広いため、同程度の信号強度を得るためにデカップリングエネルギーが 6 倍以上必要である .



b)



c)

5. 成果の対外的発表等

(1) 論文発表 (論文掲載済、または査読済を対象。)

1. M. Saito et al. Resampling original components included MR images using independent component analysis. *In: Proceedings of the 11th International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, Tronto, July; 2003: 932.

(2) 口頭発表 (発表済を対象。)

1. 斎藤他. 超偏極 ^{129}Xe ガス連続供給システムのための供給経路の材質の検討. **第31回日本磁気共鳴医学会大会**. 2003.9.27
2. 斎藤他. 自動化された超偏極希ガス発生装置の実用化研究開発. **第31回日本磁気共鳴医学会大会**. 2003.9.27
3. 斎藤他. 3T MR 装置による *in vivo* ^{13}C -MRS の実用化開発. **GE 横河メディカル共同研究発表会**. 2004.2.21
4. 斎藤他. 臨床用 3T-MRI 装置によるマイクロイメージングの空間分解能の評価. **第3回日本再生医療学会総会**. 2004.3.24

(3) 特許等 (出願番号を記載)