OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	MRIによる線量分布の画像化
Author(s)	平岡, 武; 福田, 信男; 池平, 博夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(3), p. 503-505
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15712
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

日本医放会誌：46（3），503—505，1986（昭61）

研究速報

MRIによる線量分布の画像化

1）放射線医学総合研究所物理研究部
2）放射線医学総合研究所臨床研究部
3）旭メディカル株式会社

平岡　武[1]　福田　信男[2]　池平　博夫[2]　星野　一雄[1]
中沢　一志[3]　舘野　之男[2]　川島　勝弘[1]

（昭和60年10月30日受付）
（昭和61年1月8日最終原稿受付）

Digital Imaging of Dose Distributions by Magnetic Resonance

Takeshi Hiraoka[1], Nobuo Fukuda[2], Hiroo Ikehira[2], Kazuo Hoshino[1], Kazuhumi Nakazawa[3], Yukio Tateno[2] and Katsuhiro Kawashima[1]
1) Division of Physics, National Institute of Radiological Sciences, Chiba
2) Division of Clinical Research, National Institute of Radiological Sciences, Chiba
3) Planning and Development Department, Asahi Medical Co. Ltd., Tokyo

Research Code No. : 209.2

Key Words : Dose distribution, Digital image, MRI, Gel phantom, Fricke dosimetry

A method determining the spatial dose distribution in a tissue-equivalent phantom using the nuclear magnetic resonance imaging was proposed by Gore et al. In this communication, we report on our idea of imaging method and the experimental results of dose distributions in a real phantom. A cross-linked dextran gel (SEPHADEX-G200) is adopted as fixation agent of Fricke solution. A linear relation was found between the proton NMR longitudinal relaxation rate in the irradiated gel phantom and the absorbed dose up to 30 Gy. Diffusion of the solvent in the gel phantom was found to be small within six hours after irradiation. Our results can be widely applied for radiation treatment planning, especially for the application on the complex irradiation condition in an inhomogeneous media.

放射線治療で必要とする線量分布を，MRIとファントムを使用することにより三次元線量分布の画像としてとらえられることに成功したので報告する．

実験方法

硫酸第一鉄溶液に放射線を照射すれば，化学反応によりその溶液の吸収線量に比例した量の第二鉄イオンが生成される．これは一般にFricke線量計と呼ばれ，精度の高い測定法として広くドシメトリに利用されている．一方，Fricke溶液に放射線を照射し，MRIによりプロトンの核スピン緩和率が照射した線量に比例することから，放射線線量分布の測定の可能性が示唆されている[1]．従って，Fricke溶液ファントムに於いて，溶質の時間的移動が無視できる程度に固定化できれば，三次元線量分布がディジタル画像として得られることになる．

種々のゲル化剤による溶液の固定が考えられるが，Fricke溶液には0.8Nの硫酸が含まれているので，酸性条件下でもゲル化し，またゲル作成に

加熱の不要な架橋デキストランゲル（商品名セファデックス（G-200））ファントムにより実験を行なった．

実験結果

Fig. 1にFricke溶液と，この溶液に3.3重量%のセルファデックスを添加したゲル溶液とに対する緩和率の線量依存性を示す．照射は12MeV電子線によりアクリルファントム中1.5cmの深さにて行なった．緩和率は0.1T MRI（旭メディカルMk-J）の頭部コイルにて，SR（2000）とIR（300, 2000）の128回交互反復スピンワープ法[2]にて測定した．Fricke溶液では50Gyまで完全に直線で，実験値の直線回帰が点線で示してあり，単位Gy当りの緩和率の変化は0.02670±0.00095である．

一方，ゲル溶液では30Gy以上では直線からはずれ，図の実線は0～20Gyまでの実験値の回帰曲線で，相関係数は0.9994である．線量に対する変化率は0.1050±0.0021であり，Fricke溶液に対して約4倍に感度が増幅されたことになる．従って，

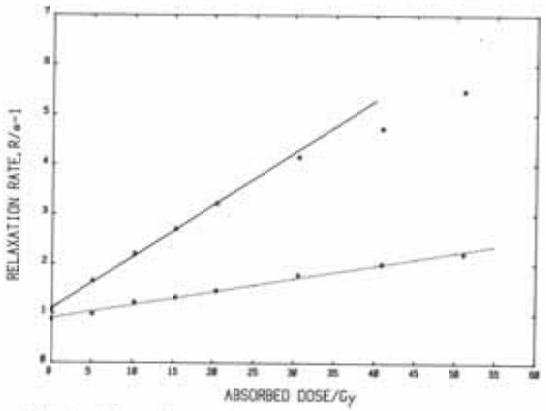

Fig. 1 The relaxation rates plotted as a function of absorbed dose for Fricke solution (dotted line) and the gel phantom (solid line).

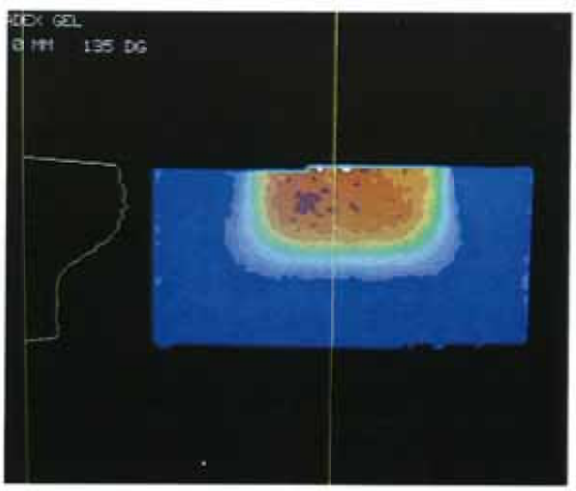

Fig. 2 An NMR T_1 dependent image in a diagonal plane parallel to the incident 15MeV electron beams in the gel phantom.

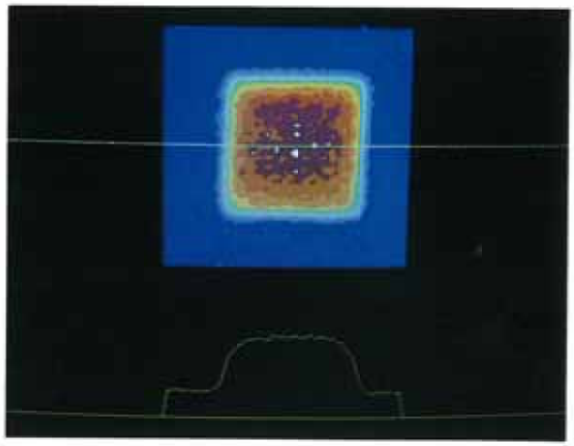

Fig. 3 An NMR image in a plane perpendicular to the beam axis at a depth of 1cm for 15MeV electrons.

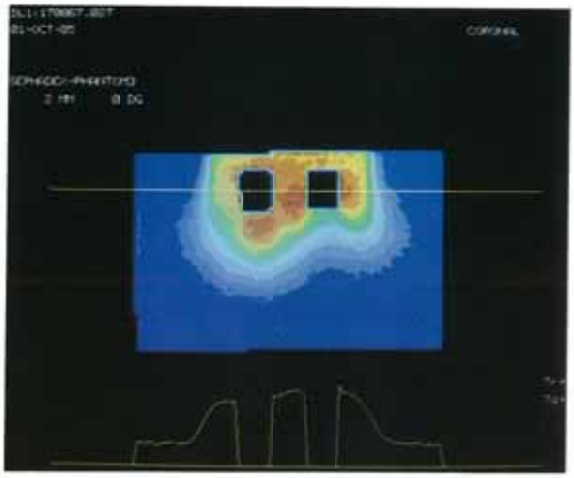

Fig. 4 An NMR image in a plane parallel to the incident 15MeV electron beams in the gel phantom which have contained lung (left) and bone (right) equivalent substitutes.

不均質層で微妙に変化する線量分布の測定には好ましい結果が得られたことになる．また直線性の範囲が30Gy以下であることは，放射線治療のファントム照射の点からは十分であると思われる．一般的な現在のMRI装置でのT_1の測定精度は10%程度か，またはそれ以下の場合もある．しかしMk-Jでは磁化の反転はAFP（高速断熱通過）によっているので，その効率と再現性が良く，T_2の値にもよるが測定精度は変動係数として3%程度である．

線量分布図

18×18×13cm³のアクリルファントムに前記ゲル溶液を満し，10×10cm²の照射野にて15MeV電子線をピーク深で20Gy照射した．Fig. 2にこのファントムの照射野の対角線面での線量分布図を示す．MRIではこの様に任意の面での分布が簡単に求められる．図には中心軸上の緩和率も示してあり，これは深部線量分布に対応している．Fig. 3に同じファントムの1cm深部での切断面の分布図を示す．図にはやはり緩和率の横分布が示してある．これらの分布は3回スキャンの平均値で，測定には約25分を必要とした．Fig. 3には照射条件は同じであるが，照射野内にWhiteら[3]による肺（LN-1）と骨（SB-3）ファントムを導入したときの深部線量分布図を示す．図の左側が肺，右側が骨で大きさはそれぞれ2×2.5cm²である．緩和率曲線も又示してあるが，不均質層での散乱，吸収の違いによる均質層への影響が線量分布にはっきりと現われている．溶質の拡散による移動は照射後6時間以内ではほとんど問題とならないと思われるが，拡散係数の正確な値の測定法を検討中である．

考　察

放射線照射により磁気共鳴特性が変化する物質（第2鉄イオン）の固定化とMRIとにより，線量分布の画像化に成功した．特に有効な点は複雑な不均質組織での三次元線量分布の測定が可能で，多門照射などの複雑な照射法での治療計画を大いに利用できる．

現在取り組んでいる問題点は，(1) 等線量曲線表示プログラムの作成，(2) 緩和率の測定可能なファントム材質の開発，(3) 高価なセファデックスに代わる固定剤の利用，(4) 測定におけるS/N比の改善と画像のスムージング法の開発，(5) 他の磁気共鳴物質の利用等である．

文　献

1) Gore, J.C., Kang, Y.S. and Schulz, R.J.: Measurement of radiation dose distributions by nuclear magnetic resonance (NMR) imaging. Phys. Med. Biol., 29: 1189—1197, 1984
2) 福田信男，池平博夫，鳥居伸一郎，山根昭子，飯沼　武，舘野之男，上嶋康裕，森脇正司：結合水分画(BFW)の映像化．NMR医学，5：104—107，1985
3) White, D.R., Martin, R.J. and Darlison, R.: Epoxy resin based tissue substitutes. Br. J. Radiol., 50: 814—821, 1977