

スパイクノイズにより発生する縞状アーチファクトの除去

山 田 晃 弘¹, 正 藤 義 人¹
清 水 稜¹, 小 山 田 健 二¹

¹三洋電機株式会社

対 象

はじめに

MRI 装置において、外来ノイズなどにより NMR 信号上にスパイクノイズが混入した場合、再構成画像上に縞状のアーチファクトが発生することがある。このアーチファクトは断層面に重畳して現れるため診断するうえで非常に問題となる。しかしながら、時間的制約などから再度撮像を行うことは難しい場合が多く、コンピュータ処理によりアーチファクトを除去する方法が望まれていた。

今回、我々はこの縞状アーチファクトを、再度撮像することなく、コンピュータ処理により除去する方法を開発したので報告する。

スパイクノイズにより発生する縞状アーチファクトの例を図 1 に示す。

図 1(a)の縦縞や、図 1(b)の斜め方向の縞が対象アーチファクトである。これらのアーチファクトは画像によって、縞の傾きや周期、及び振幅がそれぞれ異なるという特徴が認められる。

図 2 に図 1(a)の画像の NMR 信号を示す。

図 2 の原点から離れた部分に見られるピークが縞状アーチファクトの原因となるスパイクノイズである。

シミュレーション

次に、スパイクノイズと縞状アーチファクトとの関係を明らかにするため、コンピュータシ

キーワード MRI, artifact

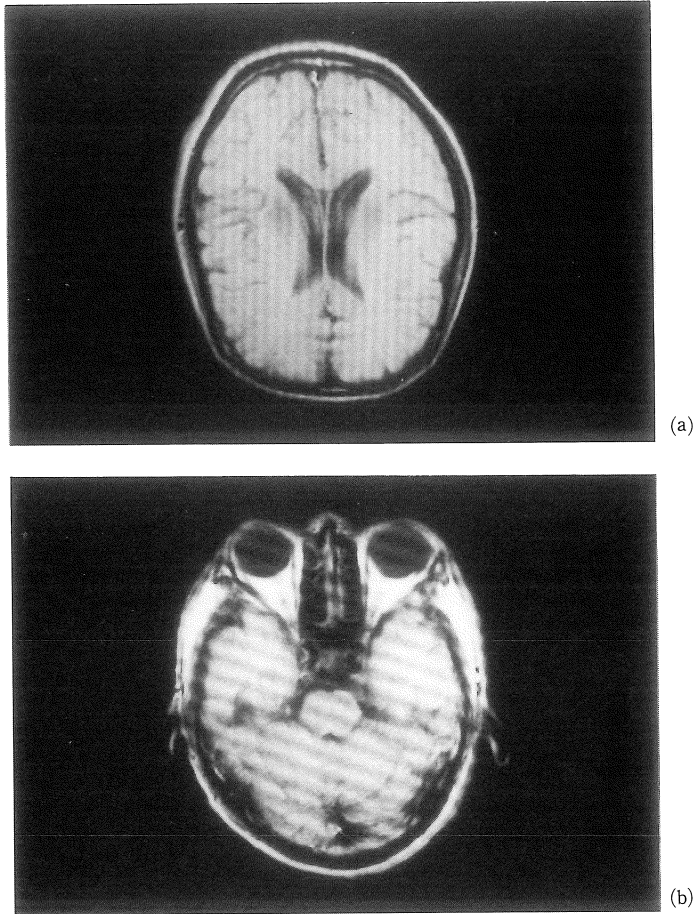


図1 アーチファクト画像例

ミュレーションを実施した。

まず式①のスパイクノイズを混入した NMR 信号モデルを設定した。

$$f(u, v) \begin{cases} = M & [(u, v) = (0, 0)] \\ = N & [(u, v) = (a, b)] \quad \dots\dots\dots ① \\ = 0 & [\text{else}] \end{cases}$$

このモデルは、原点に大きさMの NMR 信号を、また原点から離れた位置 (a, b) に大きさNのスパイクノイズを置き、他は簡単のため0

とした。

$$\begin{aligned} f(u, v) \text{ に 2 DFT}^{1)} \text{ を用いると,} \\ F(x, y) = \Sigma \Sigma f(u, v) e^{-j2\pi(ux+vy)} \\ = M + N e^{-j2\pi(ax+by)} \\ = M + N \cos(ax+by) - jN \sin(ax+by) \quad \dots\dots\dots ② \end{aligned}$$

$$|F(x, y)| = (M^2 + N^2 + 2MN \cos(ax+by))^{1/2} \quad \dots\dots\dots ③$$

受付年月日 1990年5月10日
別刷請求先 (〒570) 大阪府守口市大日東町100 三洋電機株式会社 AV 研究所映像処理研究室 山田晃弘

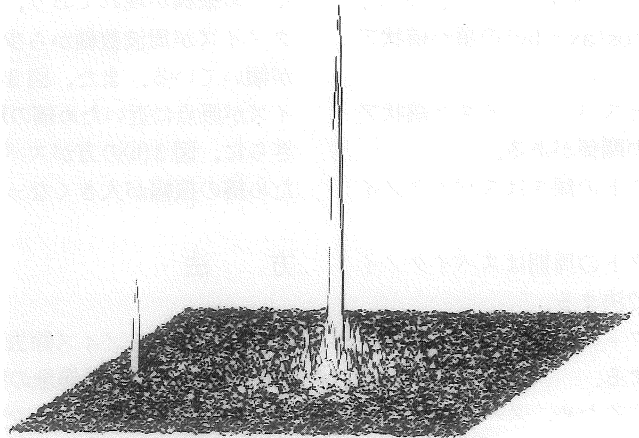


図2 図1(a)のNMR信号

横軸：周波数，奥行き：位相，
高さ：NMR信号の強さ

原点はNMR信号の最大となる点，
負のデータは省略。

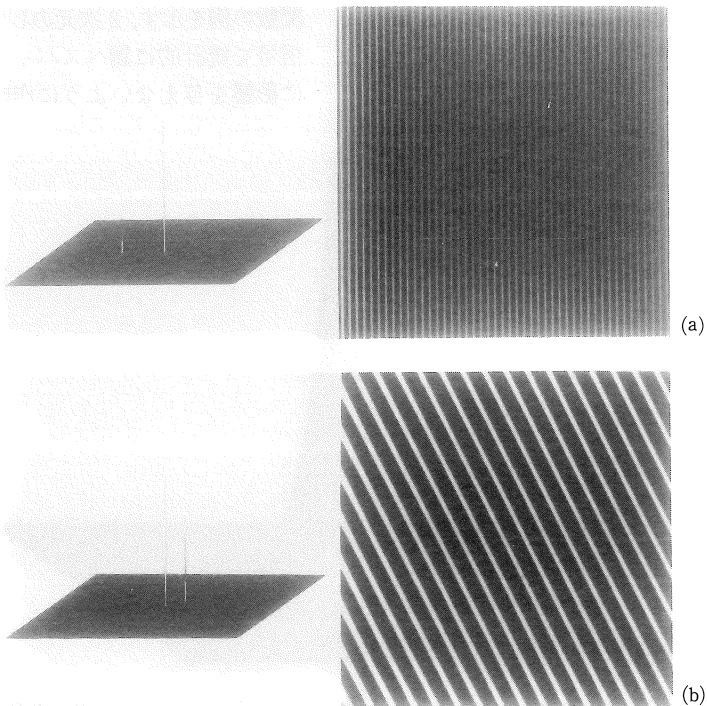


図3 NMR信号モデルと再構成画像

NMR信号モデルは，横軸：周波数，奥行き：位相，高さ：NMR信号の強さ

原点はNMR信号の最大となる点，
負のデータは省略。

となる。式③ $|F(x, y)|$ が画像を表す式である。式③において、 $2MN\cos(ax+by)$ の項が縞状アーチファクトを表す。

また、式③によるとスパイクノイズと縞状アーチファクトに以下の関係がある。

- (1) 縞状アーチファクトの傾きはスパイクノイズの位置で決まる。
- (2) 縞状アーチファクトの周期はスパイクノイズと原点との距離で決まる。
- (3) 縞状アーチファクトの振幅はスパイクノイズの大きさに比例する。

以上の関係を検証するため、スパイクノイズの位置、大きさのそれぞれ異なる NMR 信号モデルを用いコンピュータシミュレーションを実施した。結果を図3に示す。

図3左側が式①で示した NMR 信号のモデルを図にしたもので、図3右側がその NMR 信号から再構成した画像である。これらによると、図3(a)では、スパイクノイズが周波数軸にあ

るため縦縞が現れており、図3(b)では、スパイクノイズが周波数軸から少しずれているため縞が傾いている。また、図3(b)の方がスパイクノイズが原点に近いいため縞の周期が広がっている。さらに、図3(b)の方がスパイクノイズが大きいため縞の振幅が大きくなっている。

方 法

次にスパイクノイズ除去方法を説明する。

NMR 信号は、断層像の空間周波数領域の信号であり、一般に、大きな値を持つ信号は原点付近に集中し、原点から離れるにしたがって信号は小さくなる傾向にある²⁾。この特徴を考慮し、スパイクノイズを判別するための2次元のしきい値関数を設けた。図4に、2次元のしきい値関数の例を示す。2次元のしきい値関数は、NMR 信号を統計的に調べスパイクノイズ以外の信号に影響を与えないように作成した。

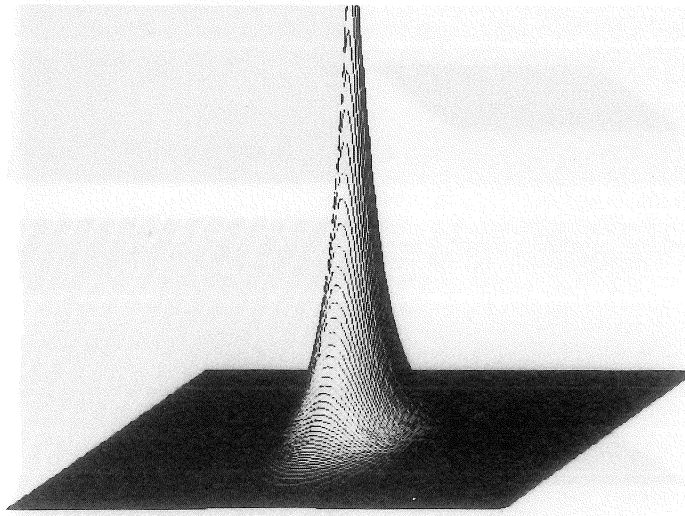


図4 スパイクノイズ判別用2次元のしきい値関数
横軸：周波数，奥行き：位相，
高さ：NMR 信号の強さ

原点付近のしきい値は無限大，周辺はオフセットがある。見やすくするため同様の値を持つ負のしきい値は省略。

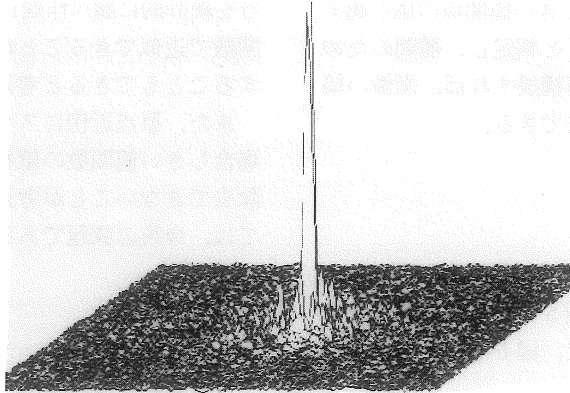
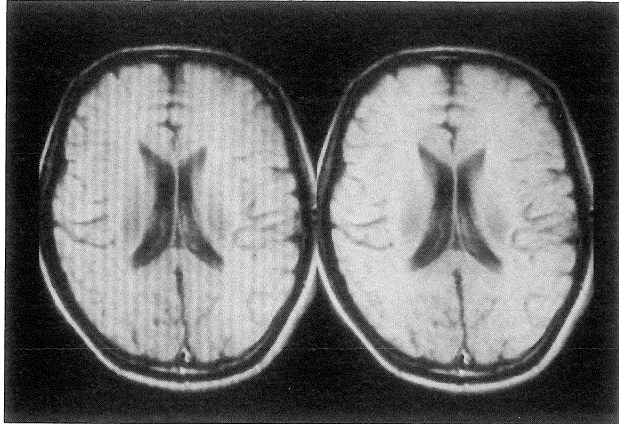
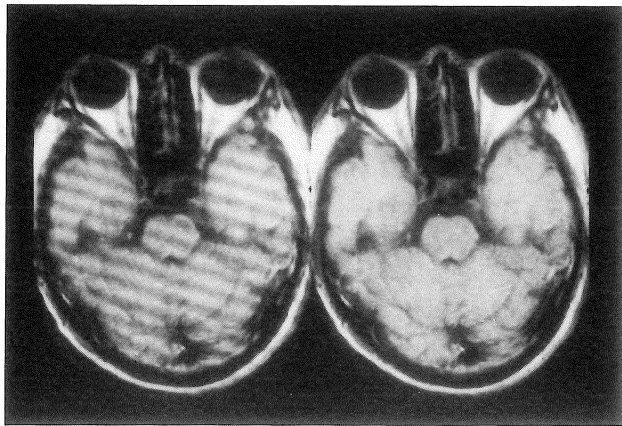


図5 図2にしきい値処理した NMR 信号
横軸：周波数，奥行き：位相，高さ：NMR 信号の強さ



(a)



(b)

図6 アーチファクト除去実施例
左側：原画像 右側：処理後の画像

NMR 信号に対して、しきい値関係の値を超える信号はスパイクノイズと判定し、補間のため 0 に置換する。これを再構成すれば、画像の縞状アーチファクトは除去できる。

結 果

図 2 の NMR 信号にしきい値処理を実施した結果を図 5 に、さらに図 5 からの再構成画像を図 6(a)右側に示す。また、図 6(b)に別の例を示す。

図 5 では、しきい値処理によりスパイクノイズが除去できている。

図 6(a)では、左側原画像にある縦縞のアーチファクトが除去され、図 6(b)では、斜め方向の縞状アーチファクトが除去されている。また補間の影響による別のアーチファクトも現れていない。

考 察

以上スパイクノイズにより発生する縞状アーチファクトをコンピュータ処理により除去する方法を述べた。

今回示した 2 次元のしきい値関数は NMR 信

号を統計的に調べ作成したが、NMR 信号が指数関数で近似できることから、指数関数等で代用することもできると考えている。

また、原点近傍にスパイクノイズが混入した場合しきい値関数の値を超えないためノイズを除去できないことが考えられるが、これについては、今後の課題である。

ま と め

NMR 信号上へのスパイクノイズ混入により発生する縞状アーチファクトを、再度撮像することなく、コンピュータ処理により除去する方法を開発した。

なお、本論文の要旨は第 14 回日本磁気共鳴医学会大会（平成元年 9 月 19 日、東京）において発表した。

文 献

- 1) E.O. ブリガム(宮川洋, 今井秀樹共訳): 高速フーリエ変換. 科学技術出版社, 東京, 1979, p 102-165
- 2) 核磁気共鳴医学研究会編: NMR 医学—基礎と臨床—. 丸善, 東京, 1984, p 123-158

An Removal of Stripe Artifacts on the Reconstructed Image Caused by Unexpected Spike-Noise

TERUHIRO YAMADA,¹ YOSHIHITO MASATOU¹
YUTAKA SHIMIZU,¹ KENJI OYAMADA¹

¹*SANYO Electric Co., Ltd.*
1-1, Dainichi Higashimachi, Moriguchi-city, Osaka

There sometimes appear stripe artifacts on the reconstructed image caused by unexpected spike-noise.

By utilizing the characteristic that MRI signal belongs to spatial frequency domain and its major values exist around the origin, the spike-noise can be separated and removed, thus stripe artifacts are removed from the image.