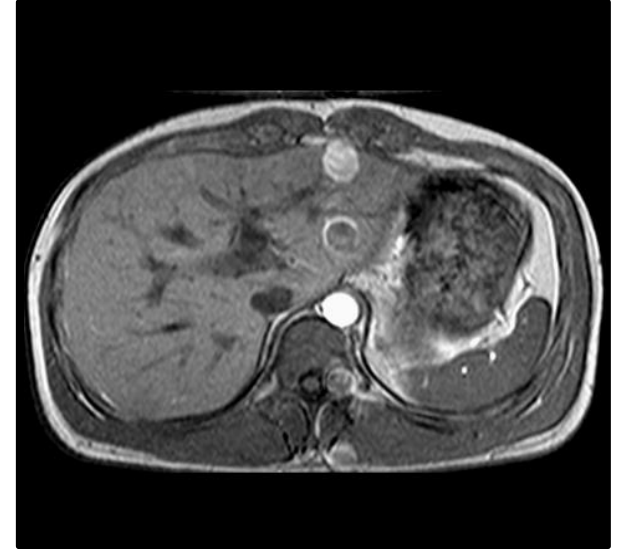
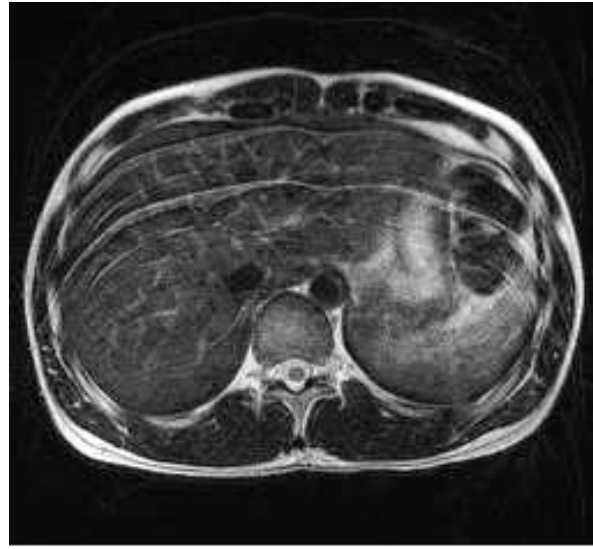
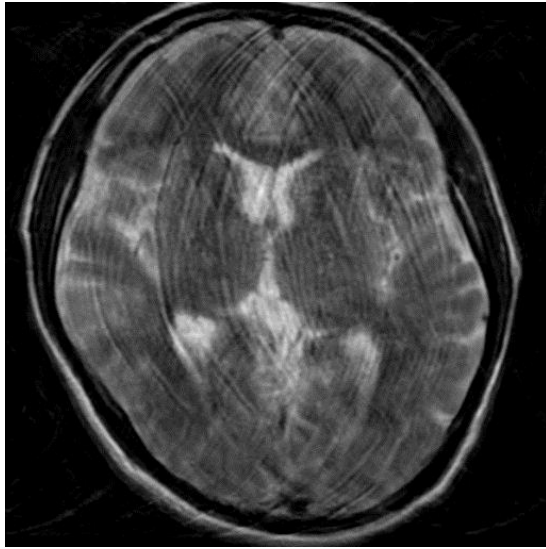


第26回神奈川MRI技術研究会

動きによるアーチファクトの基礎

北里大学病院 放射線部 水上 慎也

動きによるアーチファクト



問題点

- 異常所見と誤認してしまう可能性がある
- 読影不能の画像となってしまう

本日の内容

- ◆動きによるアーチファクトの原理と特徴
- ◆動きによるアーチファクトへの対応
- ◆まとめ

当院で使用している装置は全てGE社製



Signa HDxt 1.5T (GE)

用語、内容共にメーカーによって異なることもありますが、ご了承ください。

本日の内容

- ◆ 動きによるアーチファクトの原理と特徴
- ◆ 動きによるアーチファクトへの対応
- ◆ まとめ

デジタルカメラで考えてみる

ぶれた画像



どちらもぶれた画像だが原因は異なる

デジタルカメラで考えてみる

ぶれた画像



手ぶれ



被写体ぶれ

- 手ぶれ : 撮影者が動いた場合
- 被写体ぶれ : 被写体が動いた場合

デジタルカメラで考えてみる

動きのアーチファクト



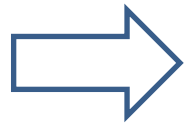
手ぶれ



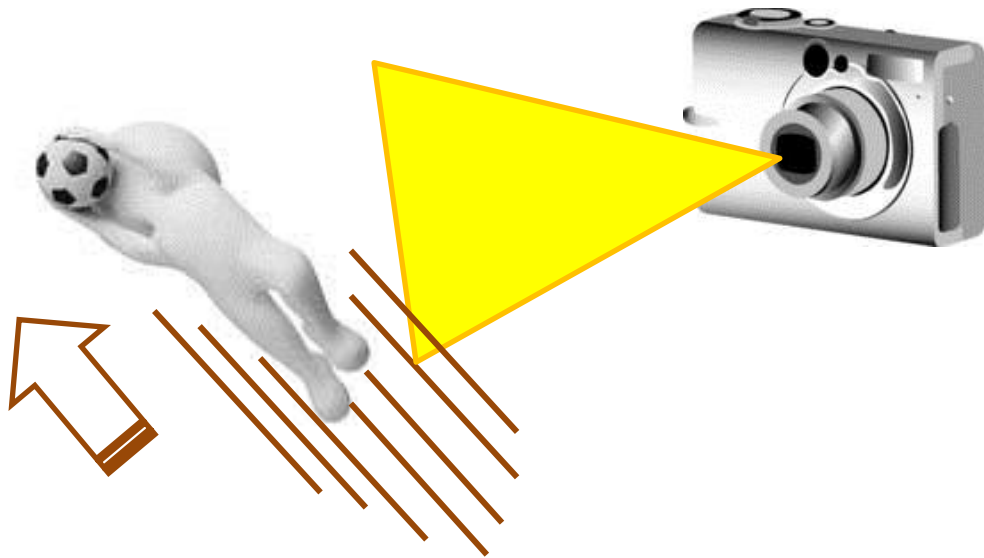
被写体ぶれ

- 手ぶれ : 撮影者が動いた場合
- 被写体ぶれ : 被写体が動いた場合

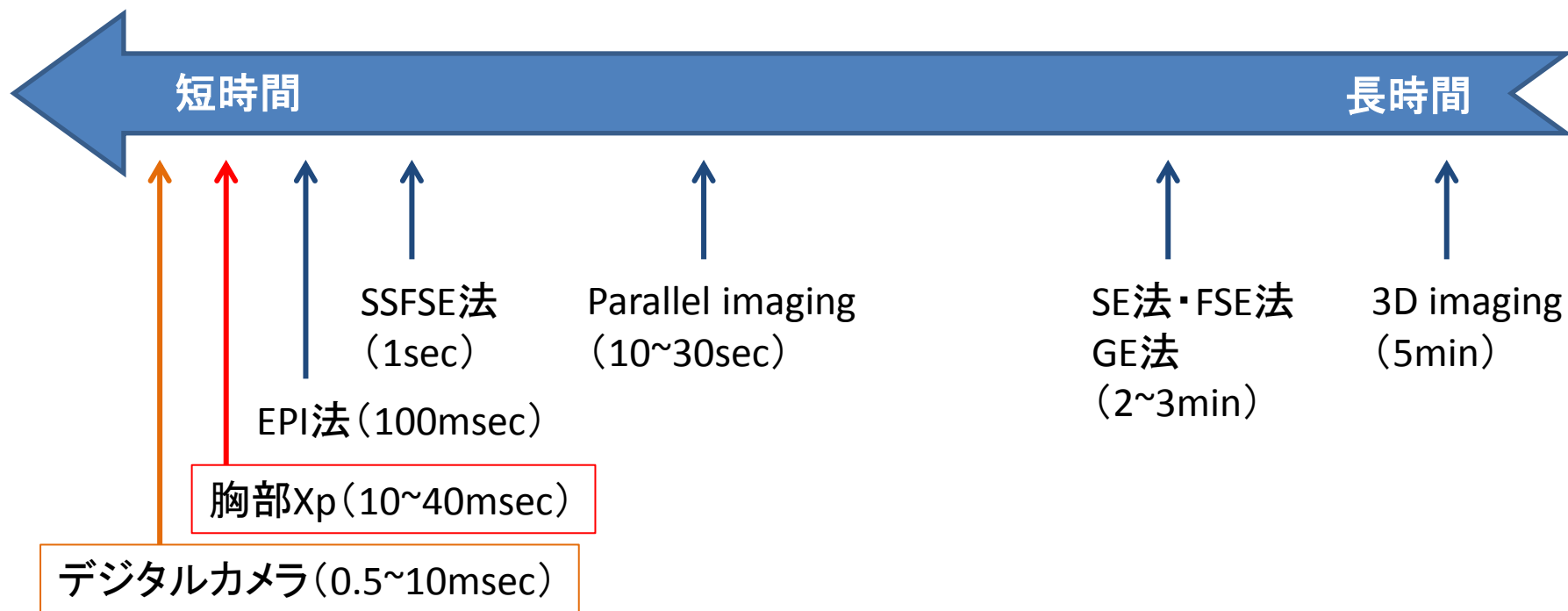
被写体ブレはなぜ起きるのか？



シャッタースピード（撮影時間）よりも早く被写体が動くから



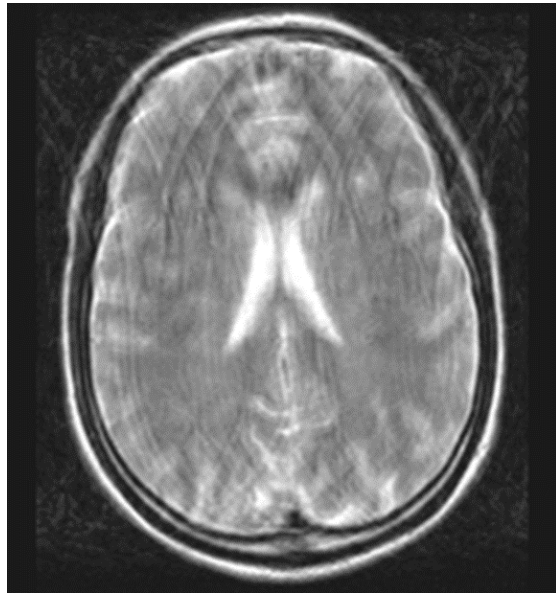
撮影・撮像にかかる時間



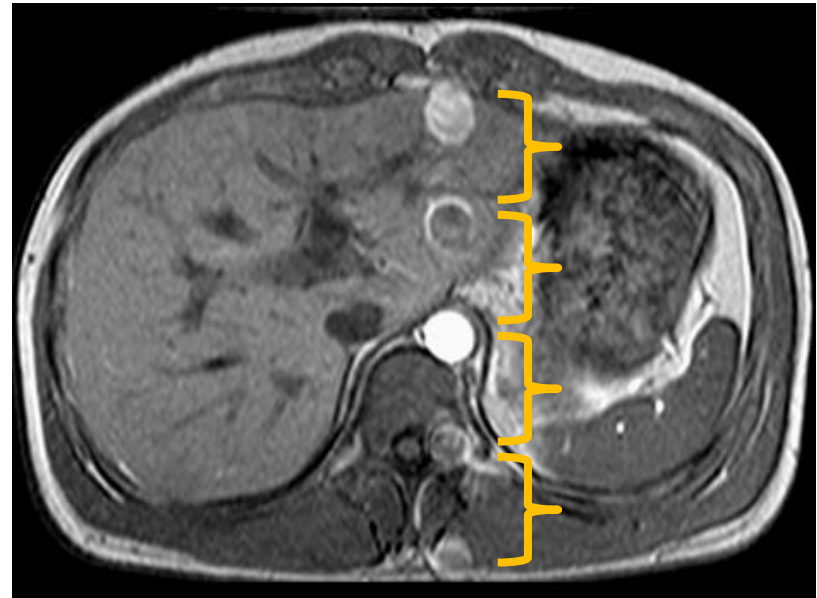
撮像時間の長いMRIでは、
動きによるアーチファクトが発生しやすい。

動きによるアーチファクトの特徴

- 位相エンコード方向に発生する（動きの方向に関係しない）
- 周期的な動きは、等間隔なアーチファクトを発生させる

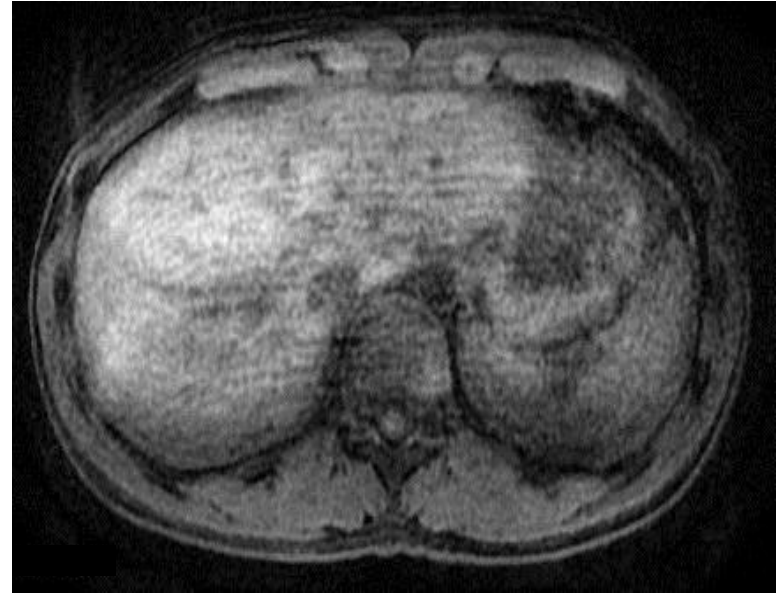
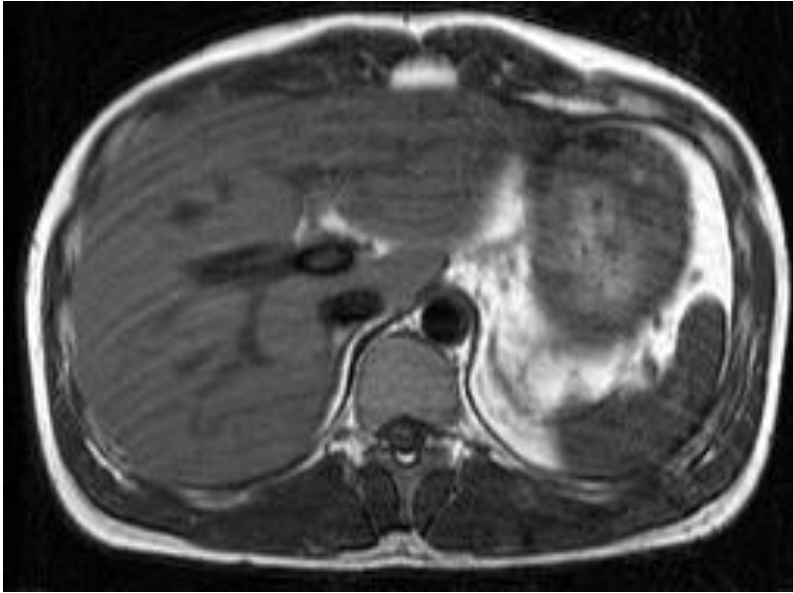


位相エンコード →



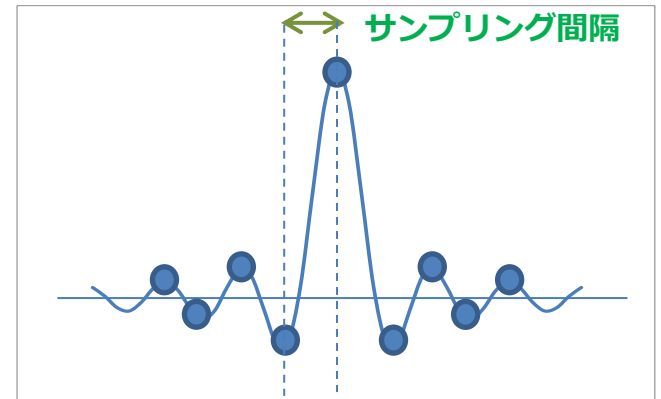
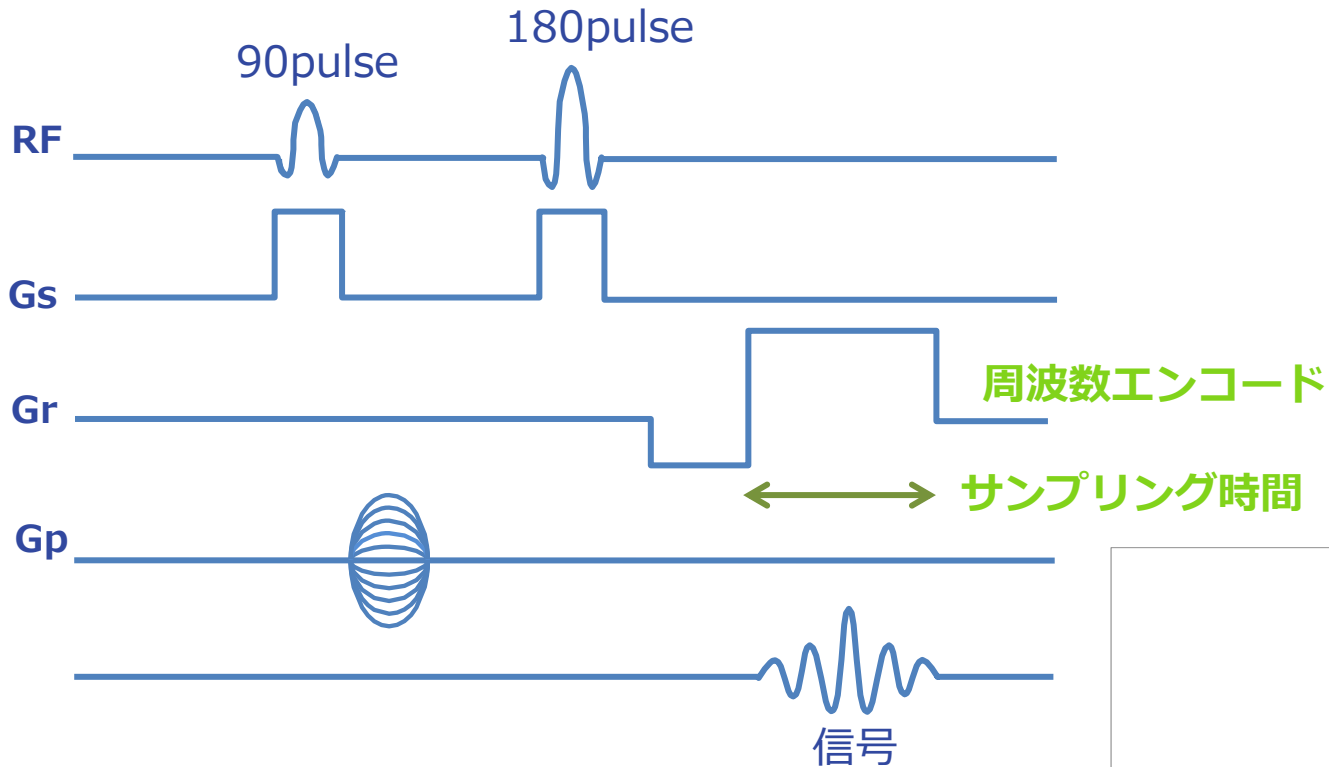
↑
位相エンコード

動きのアーチファクトの発生する方向



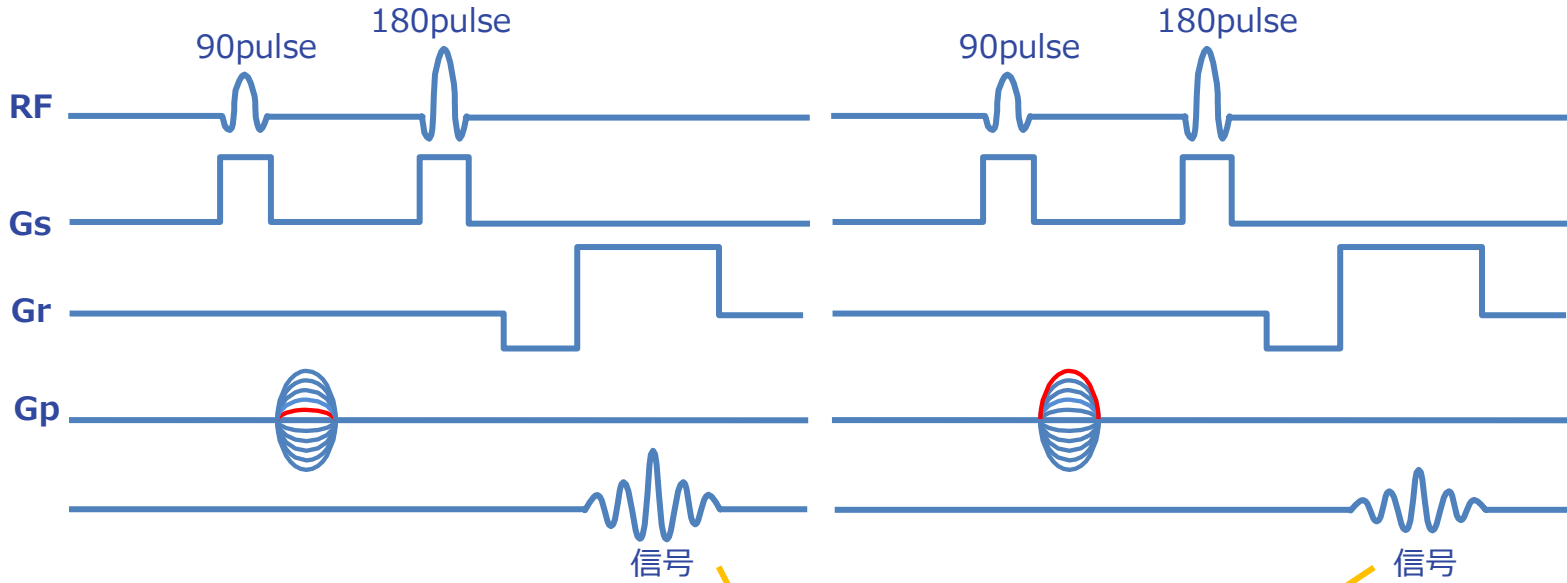
- なぜ周波数エンコード方向には発生しないのか
- なぜ位相エンコード方向に発生するのか

周波数エンコードへの影響

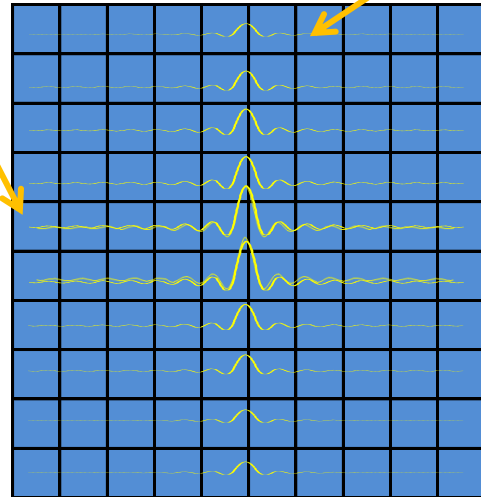


サンプリング時間は非常に短い（数msec）ので
周波数エンコード方向の動きの影響は無視できる。

位相エンコードへの影響



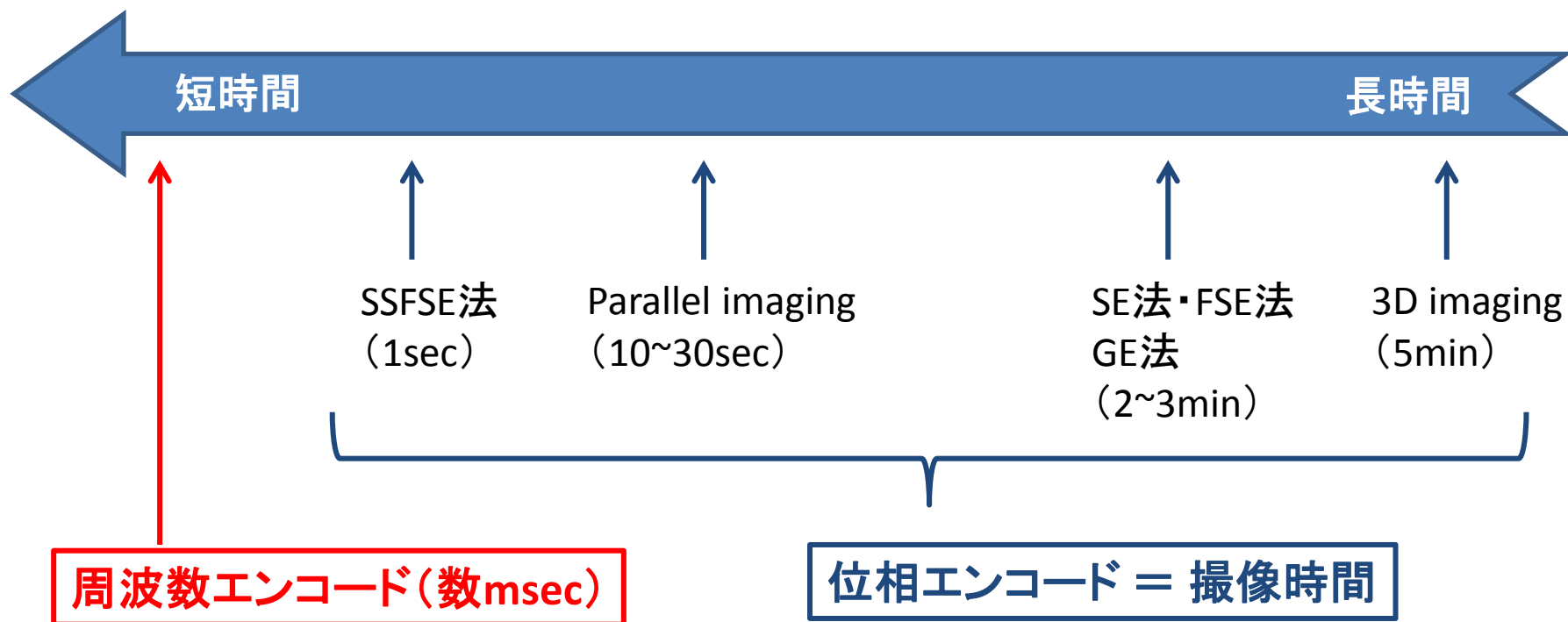
位相エンコードに要する時間が長い



位相エンコード スタート

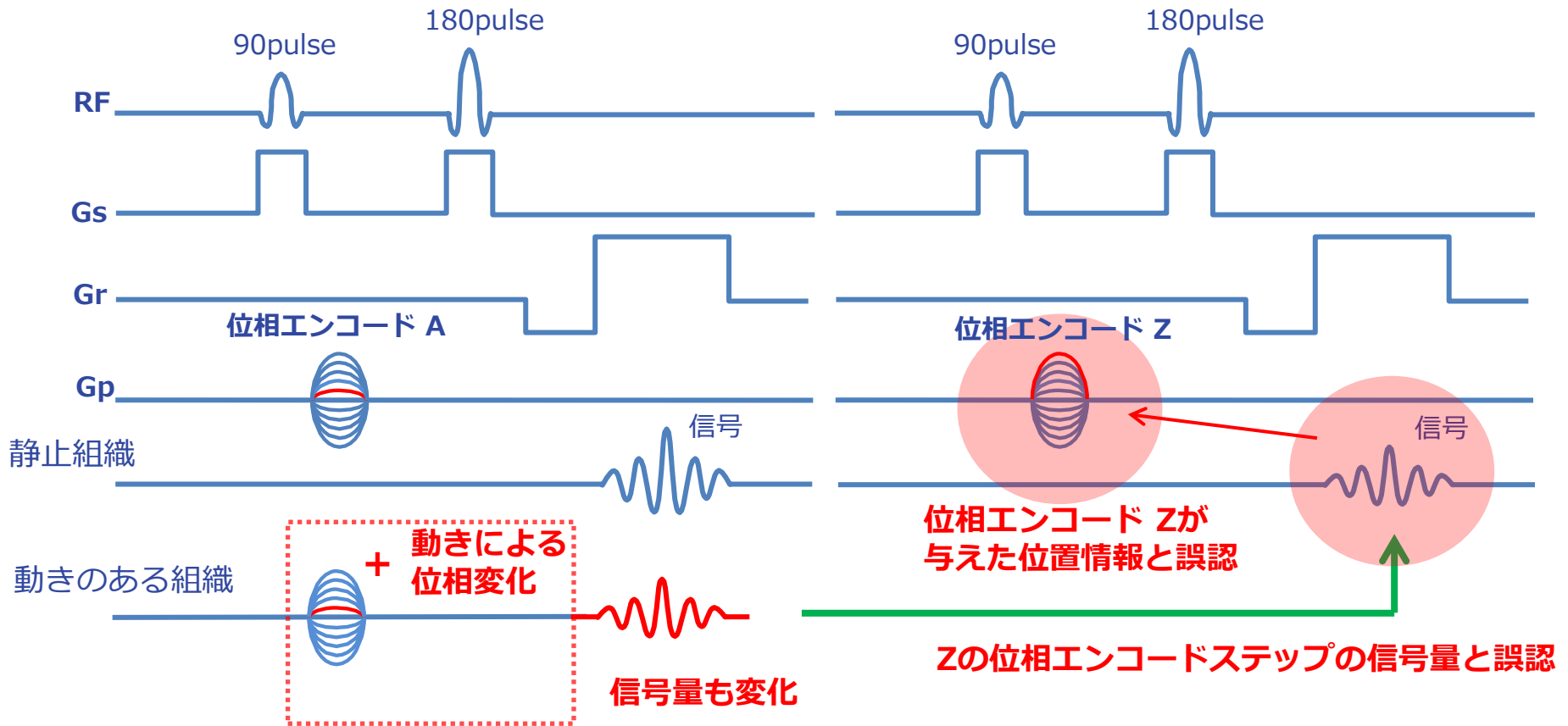
位相エンコード 完了

エンコードにかかる時間



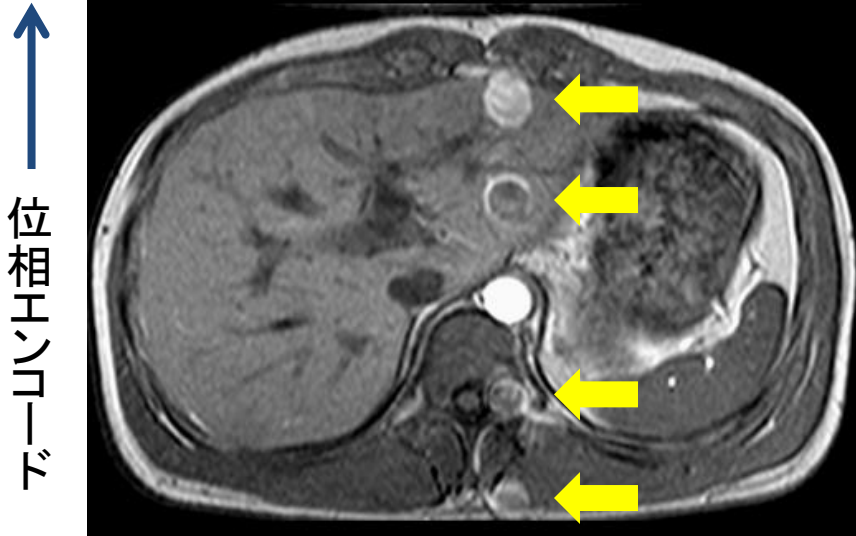
時間のかかる位相エンコード方向の方が、動きによるアーチファクトが発生しやすい。

動きの方向に関係ないアーチファクト



動きによって生じた余計な位相変化が、他の位相エンコードステップで与えた位相変化と区別できないため、**位置情報の誤認**が生じる。

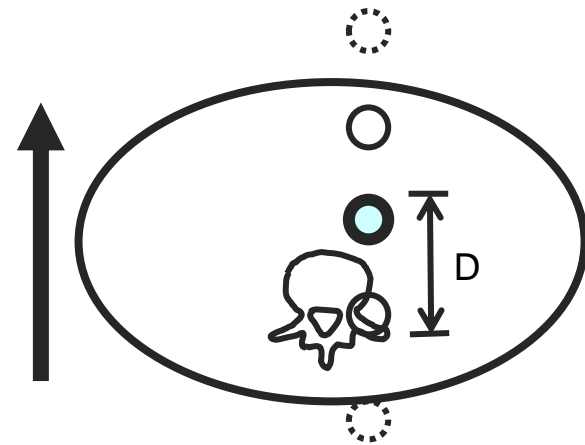
周期的な動き



T1強調画像
(血管の拍動によるアーチファクト)

Ghostの間隔

$$D[\text{pixel}] = \frac{\text{TR}[\text{s}] \times N_y \times \text{NSA}}{\text{motion}[\text{s}]}$$



- 「動きの周期」が「撮影周期」より長いと間隔が狭い
- 「動きの周期」が「撮影周期」より短いと間隔が広い

本日の内容

- ◆動きによるアーチファクトの原理と特徴
- ◆動きによるアーチファクトへの対応
- ◆まとめ

動きのアーチファクトへの対応

アーチファクトを抑制する

- 動かないようにする
- 短時間撮像
- 動きのアーチファクトの平均化
- 動きに合わせて撮像（同期法）
- 動きを補正して撮像（補正法）
- 動くものの信号を抑制

アーチファクトをずらす

- アーチファクトの発生する方向を変える

生体における動き

- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

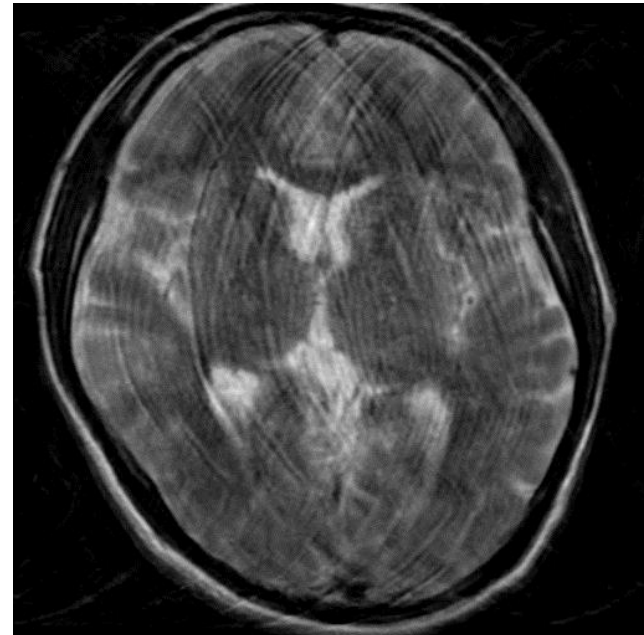
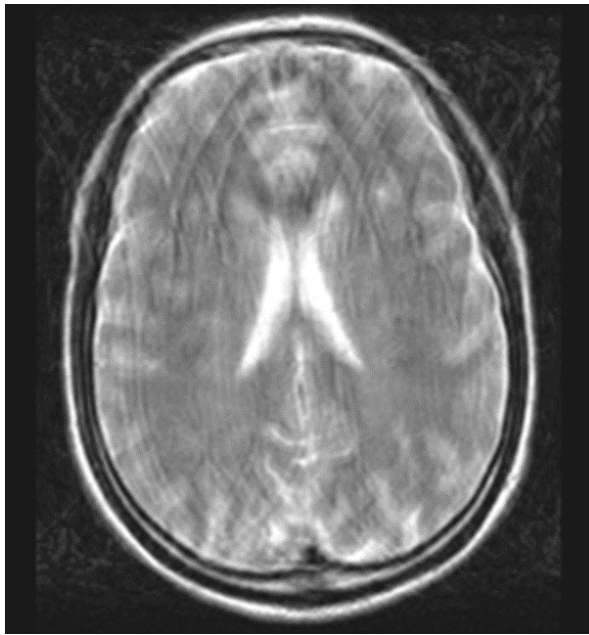
生体は『動くもの』

生体における動き

- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

体動によるアーチファクト

不規則な動きであり、画像はぼける。



体動の改善の第一は患者とのコミュニケーション

技師としてできること

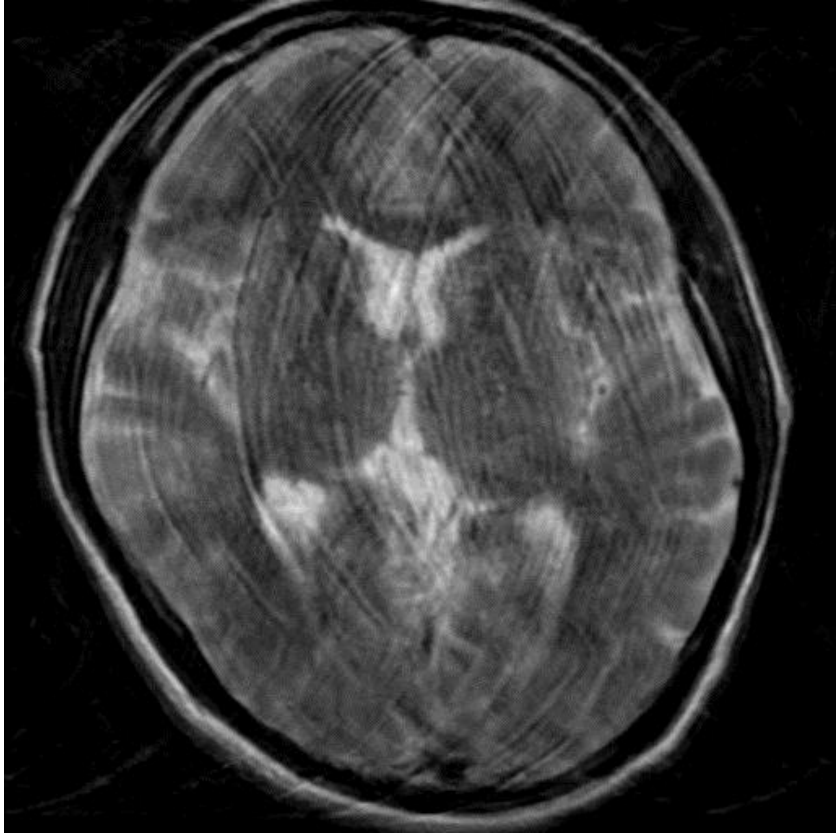
- ポジショニング時の注意点

- まっすぐ寝させる
- 寝たままの状態で「傾き」や「ゆがみ」を補正しない
- 患者にとって楽な体勢
- しっかりと固定（きつすぎると苦痛となる場合もある）

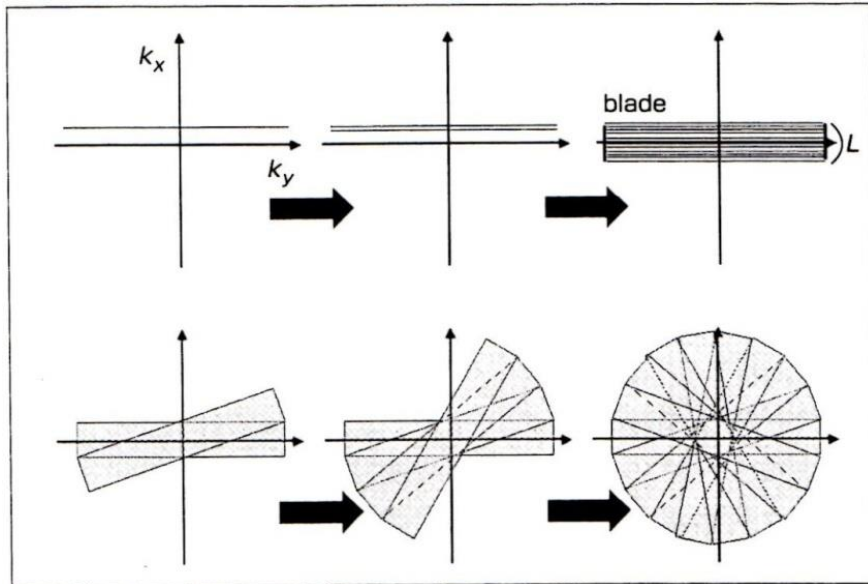
- 検査に対する説明

- 動かないことの重要性を理解してもらう
- 無理のない指示（目を閉じる、口を閉じる、力を抜く）

どうしても動いてしまう場合は・・・



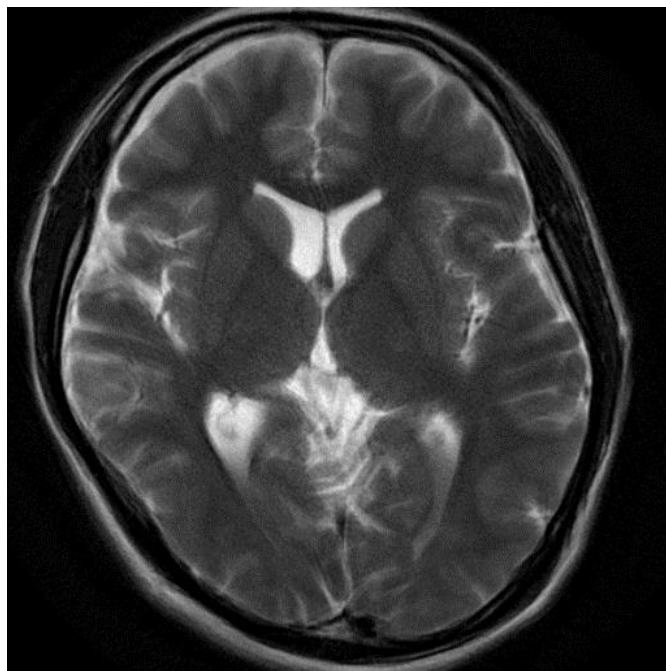
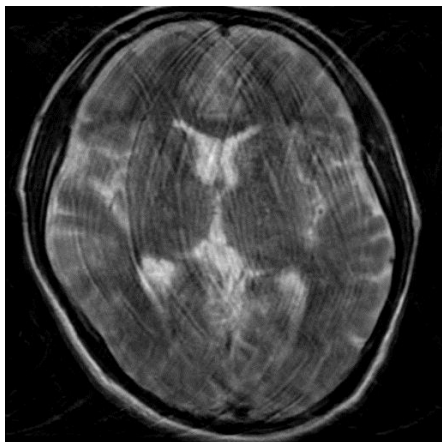
Propeller法の利用



- ① FSEによるbladeの取得
- ② TRごとの回転によるk-spaceの充填

- I. k-space中心部でのデータ重複
→動きのアーチファクト平均化
- II. bladeごとに位置ずれ補正
→並進運動・回転運動

Propeller法の利用

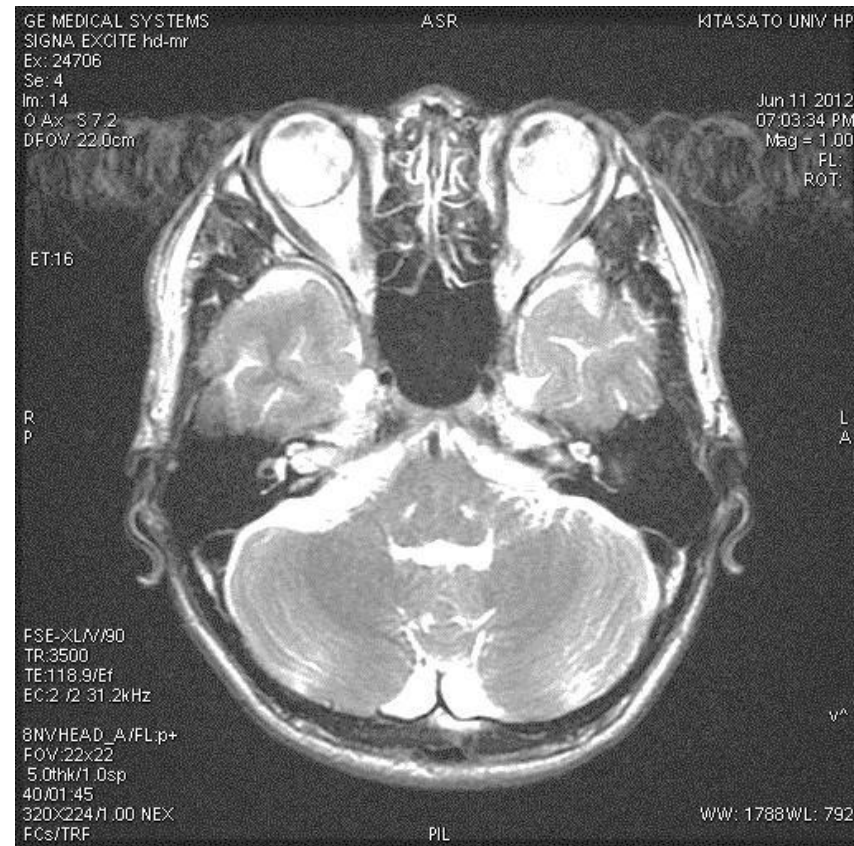
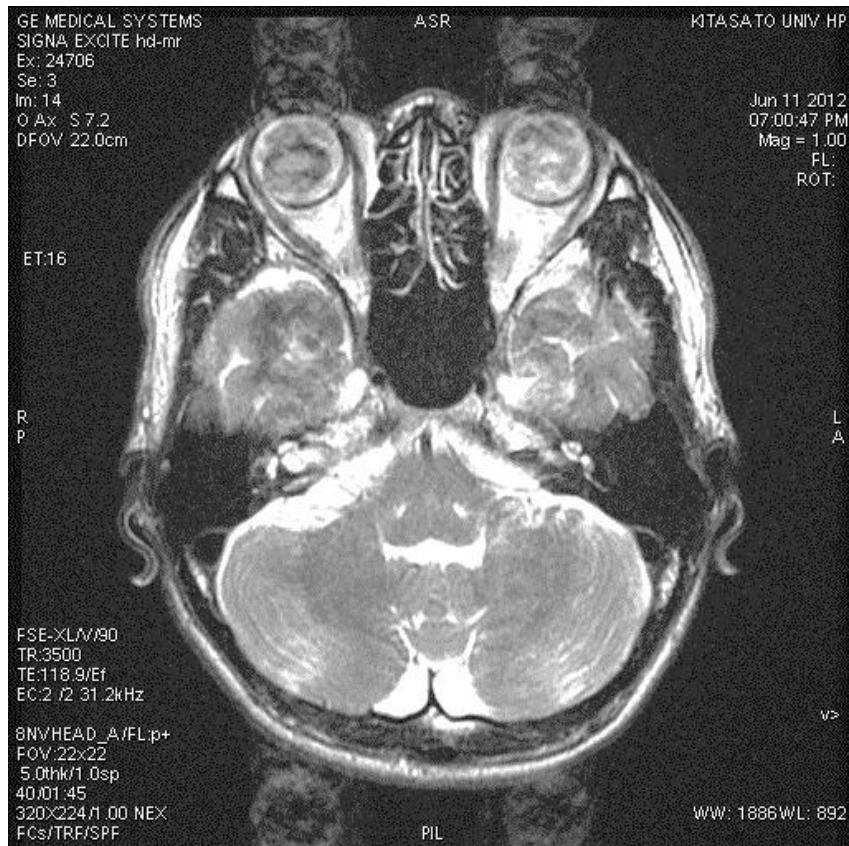


Propeller法

動きのアーチファクトをずらす

encode swappingによるアーチファクト低減

位相方向



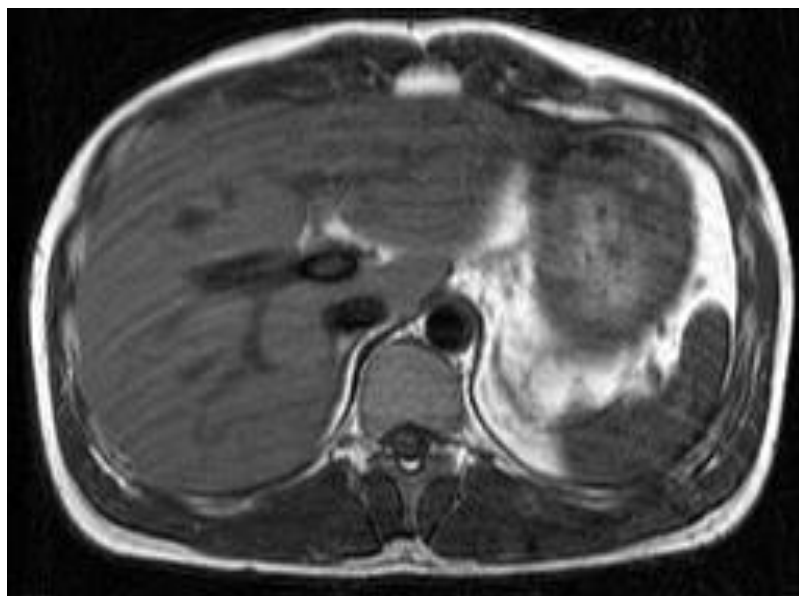
位相方向

生体における動き

- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

呼吸によるアーチファクト

周期的な動きでありGhostを生じる



呼吸により体、臓器が動き、アーチファクトが発生

呼吸によるアーチファクトの改善法

呼吸をコントロールする方法

呼吸停止法

周期的な動きであることを利用する方法

呼吸同期法

呼吸補正法

動くものの信号を抑制する方法

呼吸による動きを抑制する方法

エンコード方向を変える方法

呼吸停止法

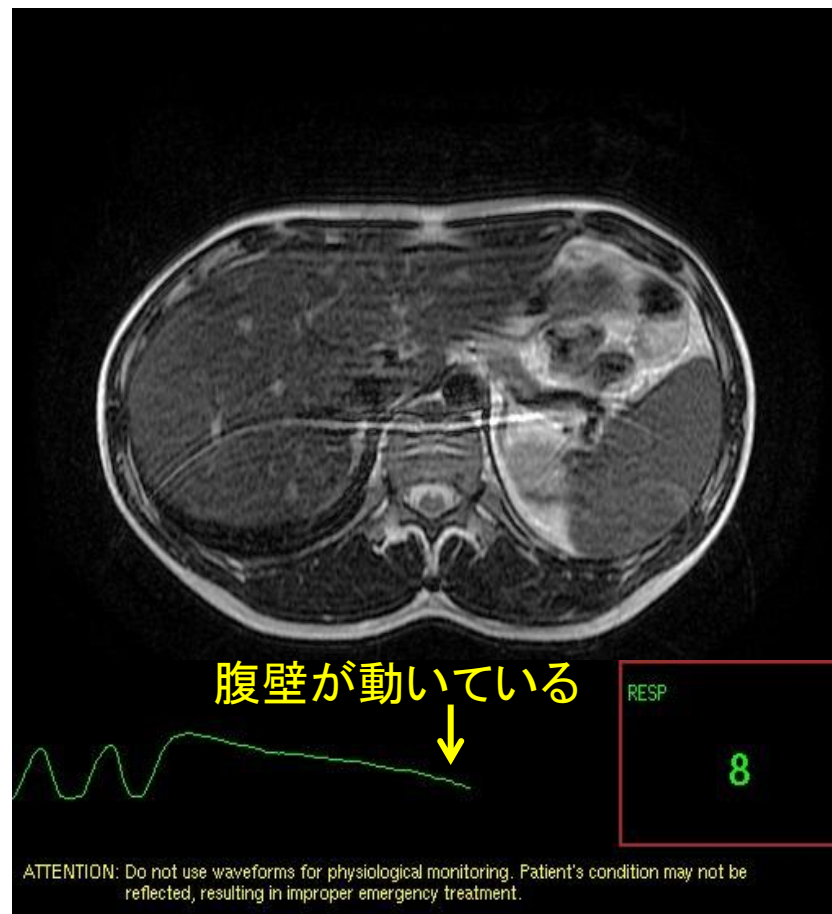
パラレルイメージングを併用し、呼吸を停止している間に短時間撮像を行う方法。

問題点

- 空間分解能を低く設定する必要がある
- 呼吸を止められない患者もいる
- 上手な呼吸停止が必要

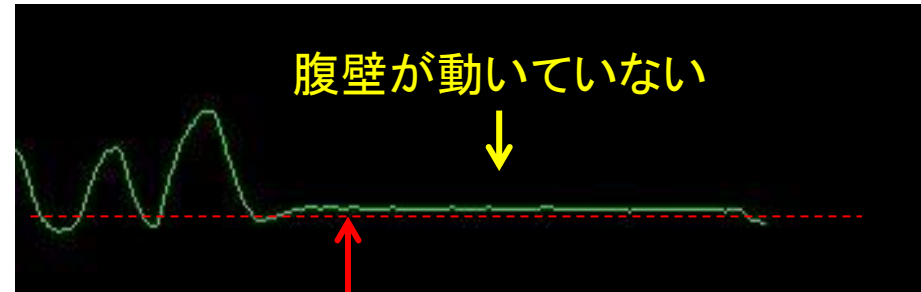
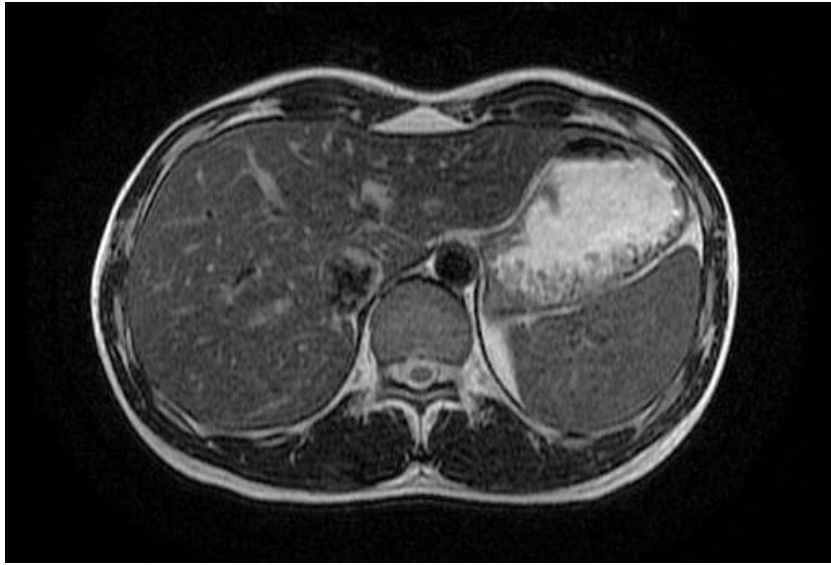
ただ息を止めればよいということではない！

どちらも息を止めて撮像した画像



吸気での安定した呼吸停止は難しい

当院では上腹部検査は呼気で呼吸停止



呼吸停止レベルが複数回の撮像で変化しない

呼気呼吸停止の利点

- 腹壁が動かない呼吸停止がしやすい
- 複数回の呼吸停止で位置ずれが起こりにくい

呼吸停止の説明（コミュニケーション）が大事

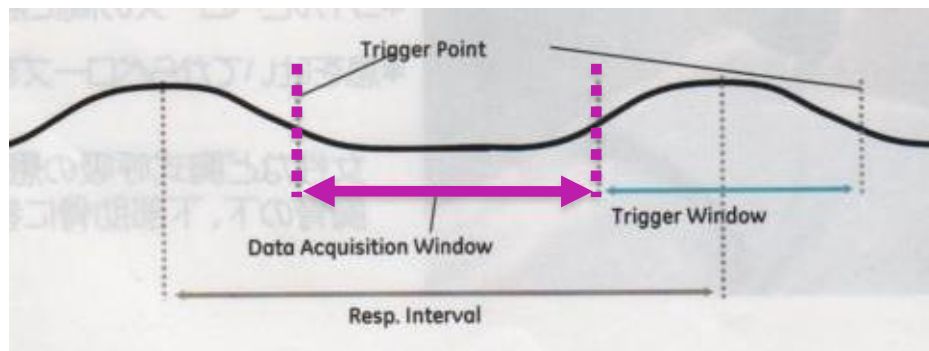
- 対面での説明。方法だけでなく、意義も。
- 対面での練習とフィードバック
- 口調でタイミングを指示する
「息を吸って」でなく、「息を吸ってー」
- 直前の撮像のフィードバック
「よい画像を撮れました。今の調子でお願いします」
- 同じ位置で良好な息止めができる合図方法
「軽く吸って」
準備なしで呼気時に「止めてください」
- 撮像開始は良好な停止を確認してから
(当院では基本的にオートボイスは使用しない)

呼吸同期法（ベローズ法）

ベローズでモニタリングした呼吸波形に合わせて撮像する方法

連続的にデータを収集するのではなく、呼気において比較的呼吸が安定しているタイミングのみでデータを収集

呼吸波形



呼吸波形を読み取り，ある一定の部分（呼気）でデータを取得

呼吸同期法（ベローズ法）

呼吸同期なし



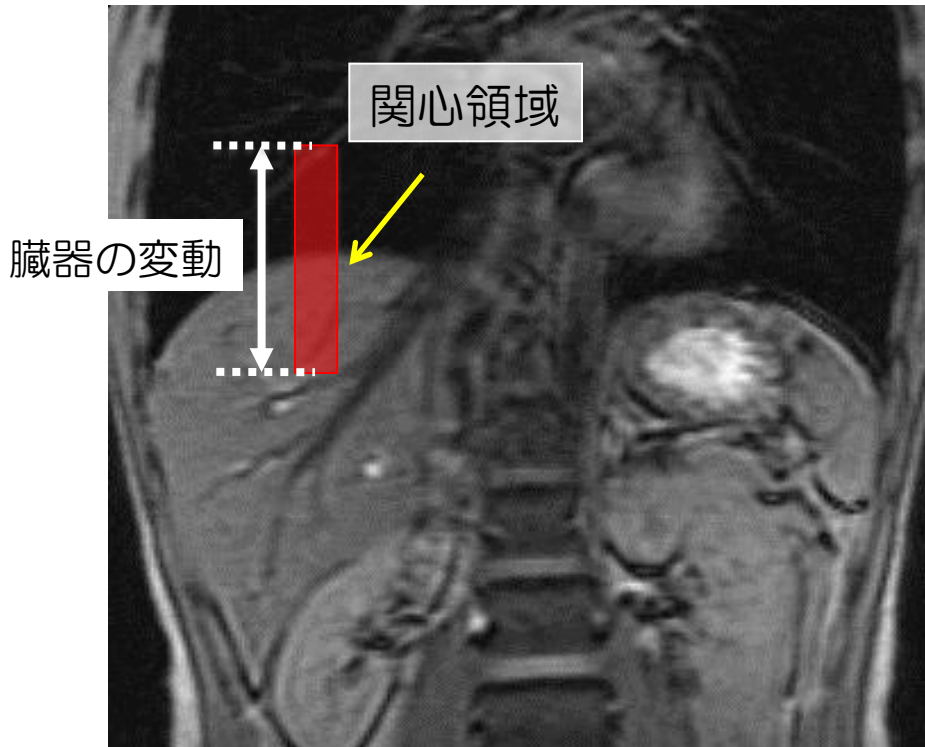
呼吸同期あり



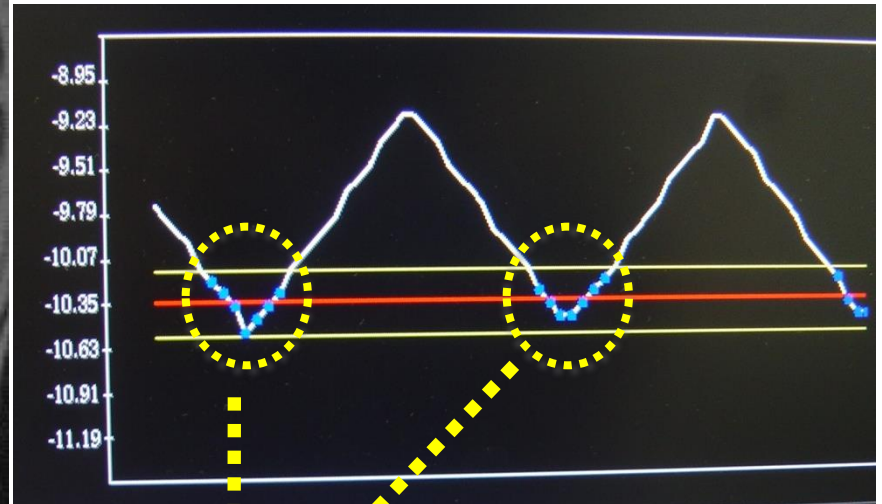
- 呼吸停止法より空間分解能を高くできる
- 撮像時間が延長しやすい

呼吸同期法（横隔膜同期法）

横隔膜（主に肝臓）にデータを収集する関心領域を設定し、領域内に臓器が位置している時のみデータを取得



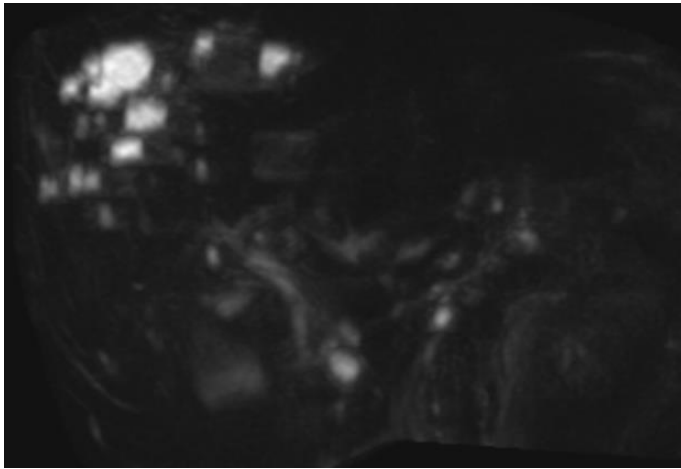
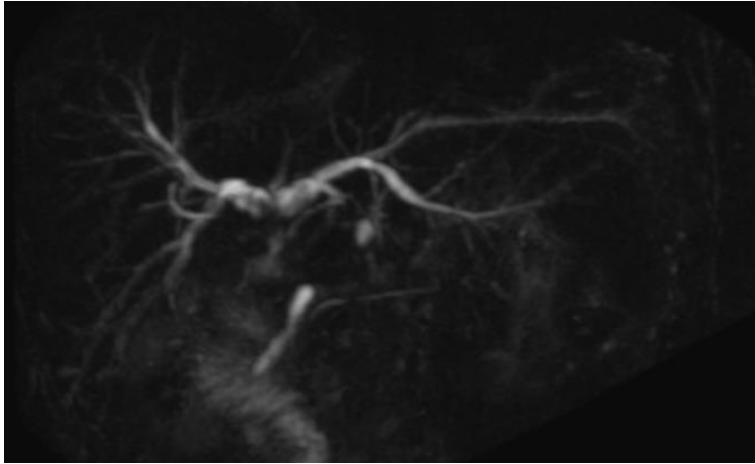
横隔膜同期法のモニタ



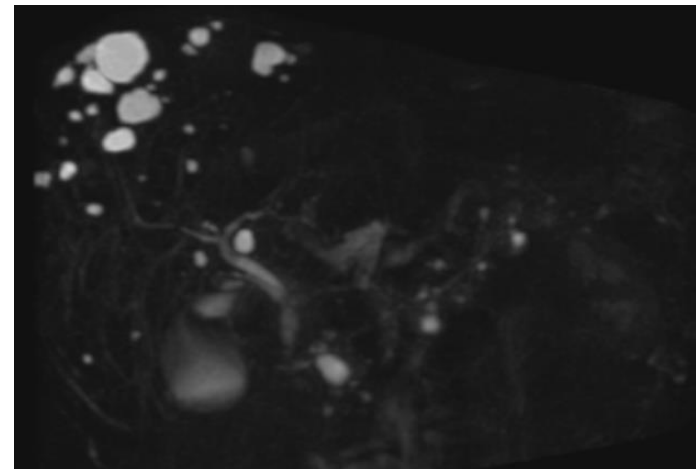
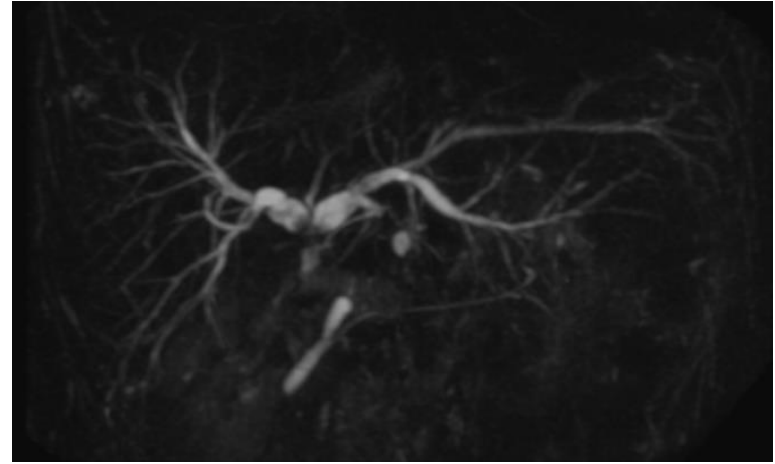
関心領域内に入っている時のみデータを取得

呼吸同期法（横隔膜同期法）の画質

ベローズ法



横隔膜同期法



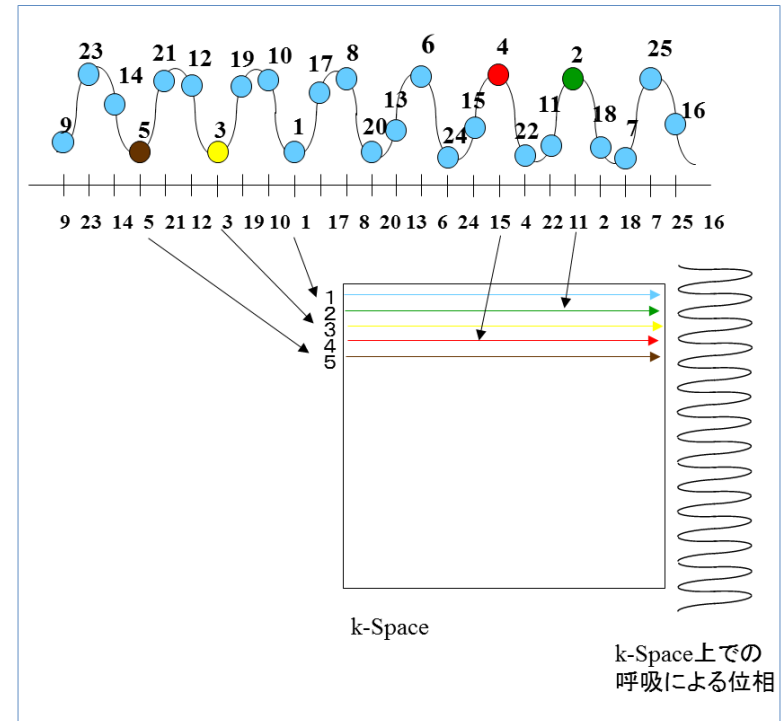
•横隔膜（臓器）の位置に同期をかけているため、
画質の向上が見込める

呼吸補正法

k空間上でデータの並び替えを行い動きのアーチファクトの影響を減らす方法



SE法 T1WI + 呼吸補正法



飽和パルスで信号を抑制



→ 信号抑制パルスを印加



→ 腹壁の信号抑制

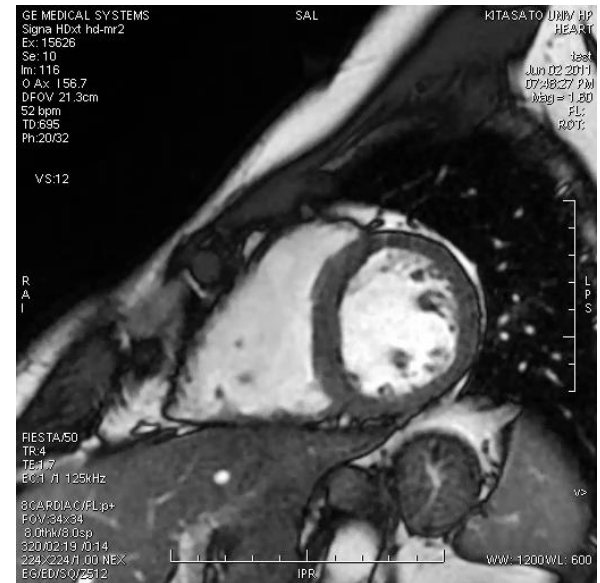
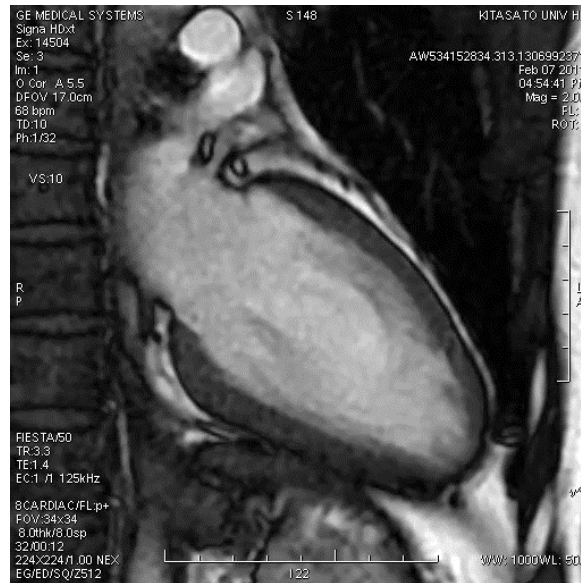
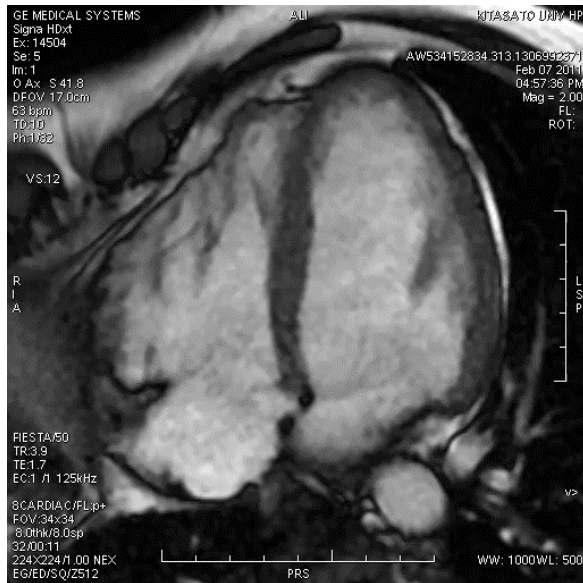
腹壁信号を抑制するRFパルスを印加することで、
モーションアーチファクトの発生源を抑制する。

生体における動き

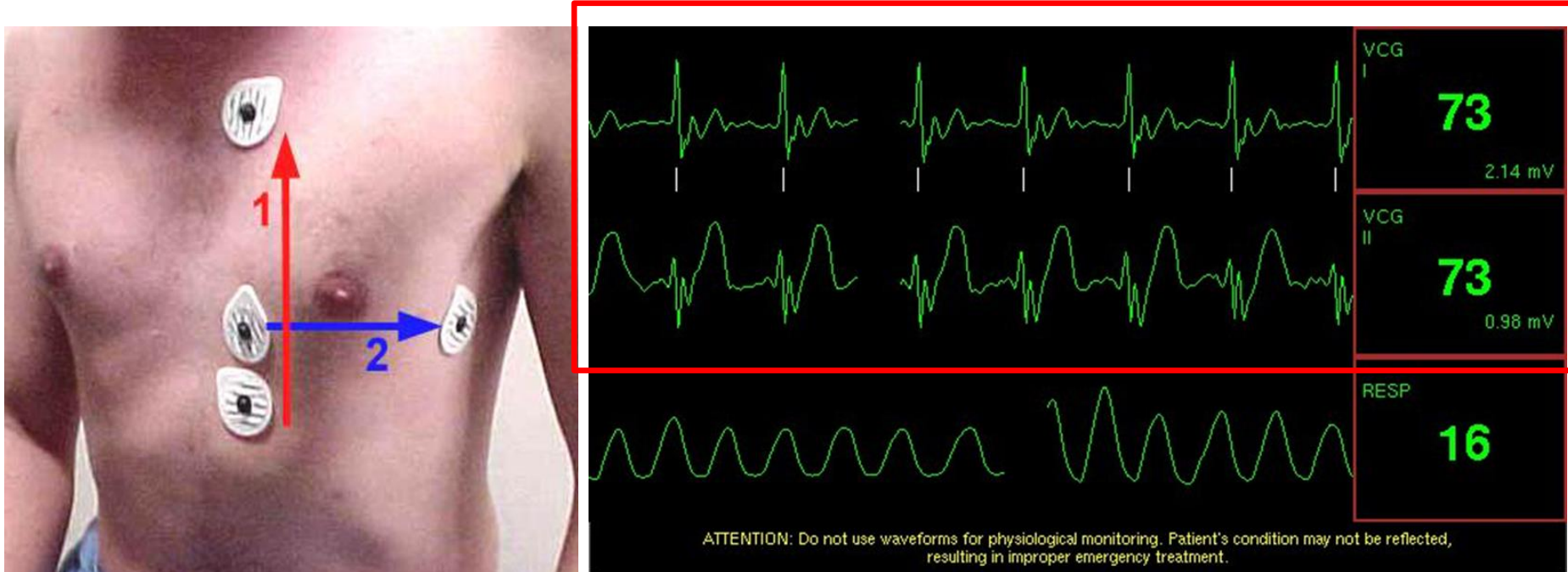
- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

心拍動によるアーチファクト

- 心臓は常に動いている臓器
- 心臓の動き（心電図）に同期をかけることが必須



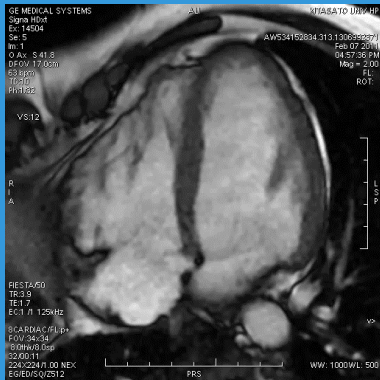
心電図をとり、同期をかける



R波が十分に確認できるように装着

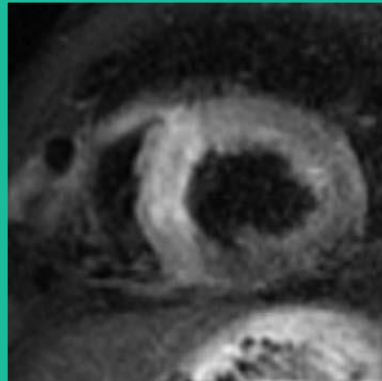
心拍動によるアーチファクト

Cine MRI



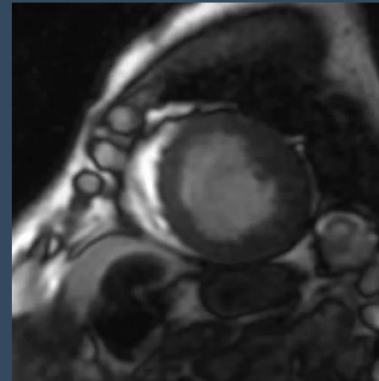
形態・機能

Black Blood
T2WI



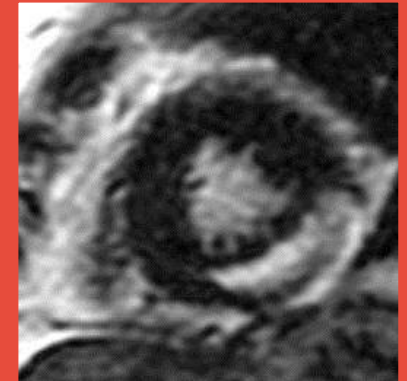
炎症・浮腫

perfusion



心筋灌流

Late Gd
Enhancement



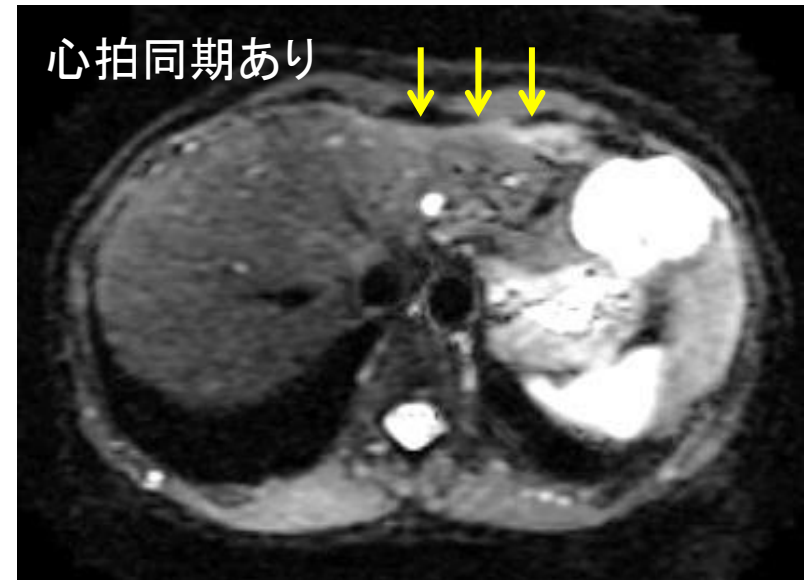
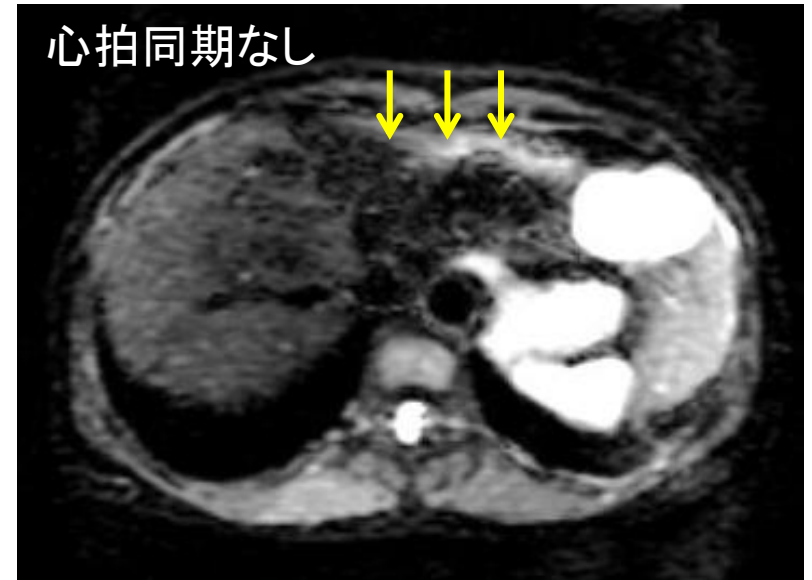
心筋障害・線維化

•心臓の検査では心臓の動きに同期をかけて、さまざま撮像を行っている

心拍動によるアーチファクト



タギング画像

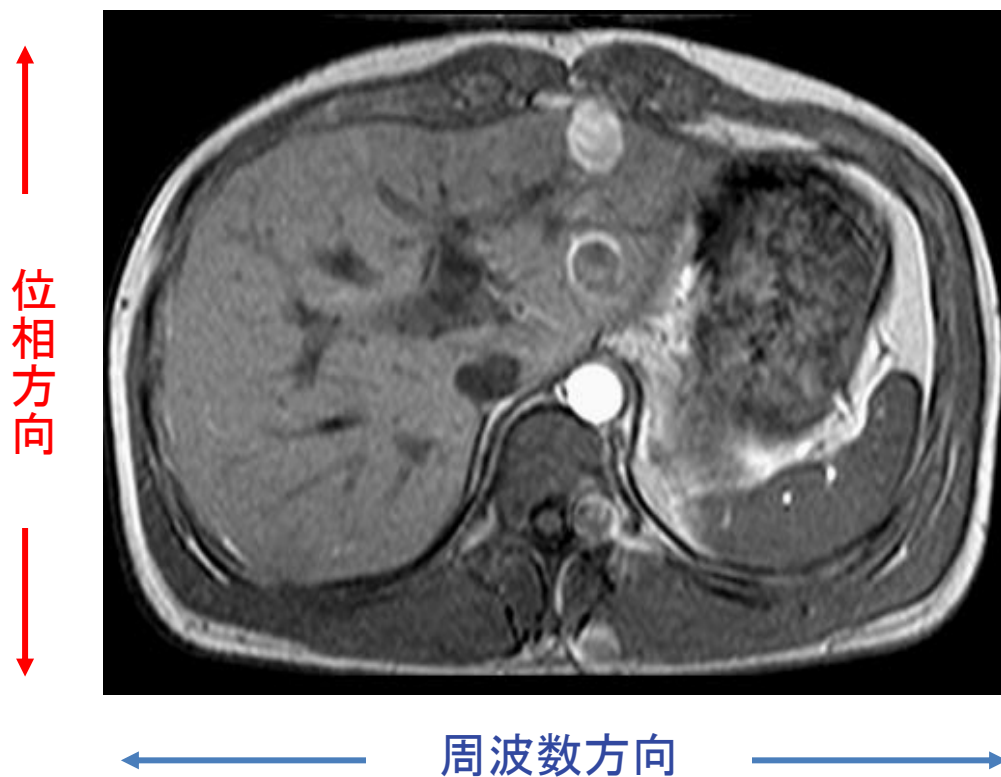


生体における動き

- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

流れによるアーチファクト

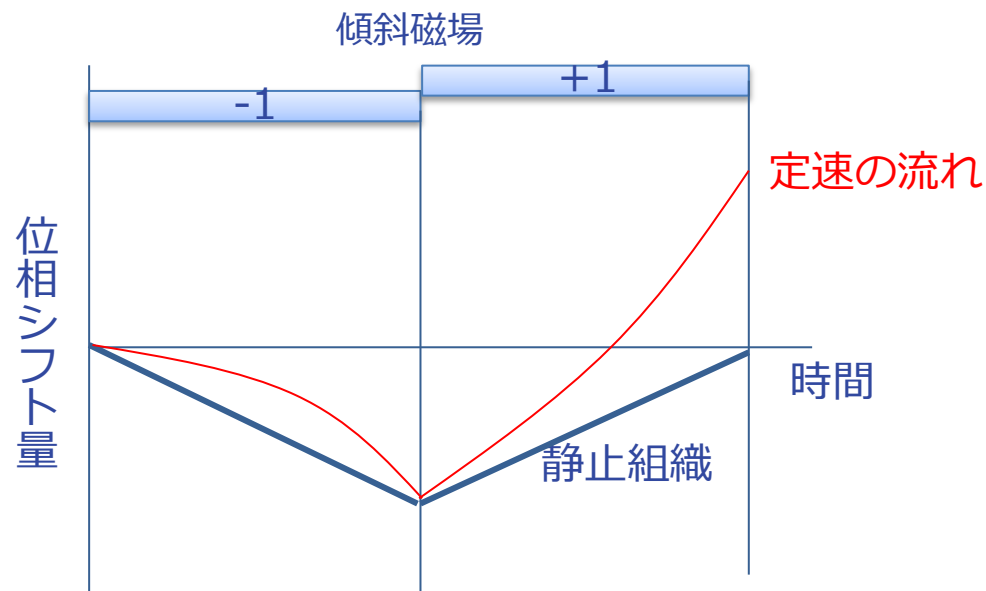
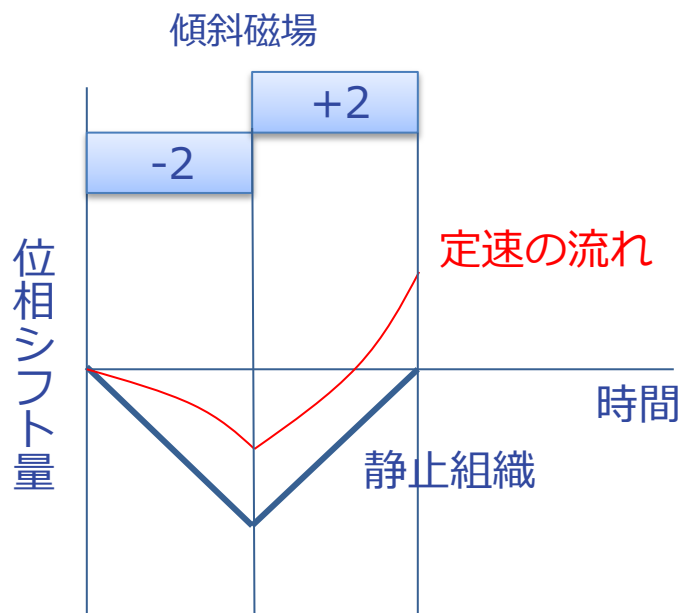
流れによるアーチファクトは周期的な動きのため
位相エンコード方向にghostとして現れる



流れによる位相シフト

流れによる位相シフト ($\Delta\phi$) は流れの方向の傾斜磁場強度 (G) に比例し、さらに定速流なら流速 (v) に比例し傾斜磁場印可時間 (T) の2乗に比例する。

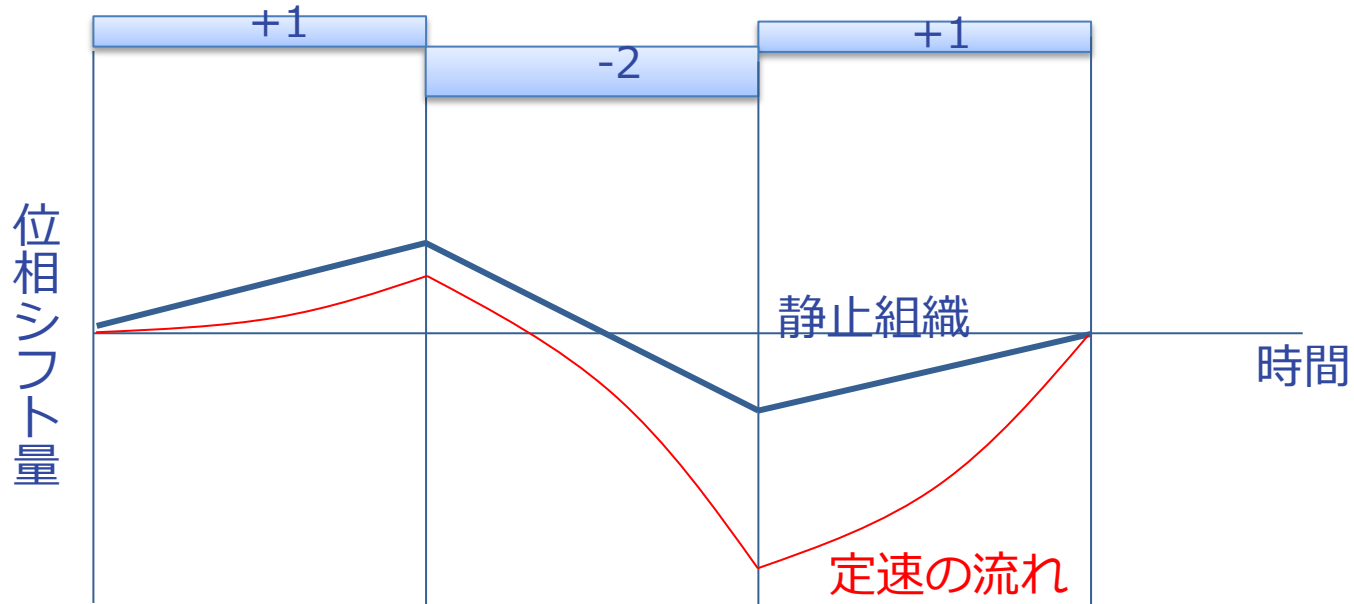
$$\Delta\phi \propto G \cdot v \cdot T^2$$



流れのアーチファクトの抑制方法

- 流速補正法

傾斜磁場の印加の仕方によって流れによるプロトンの位相シフトを相殺



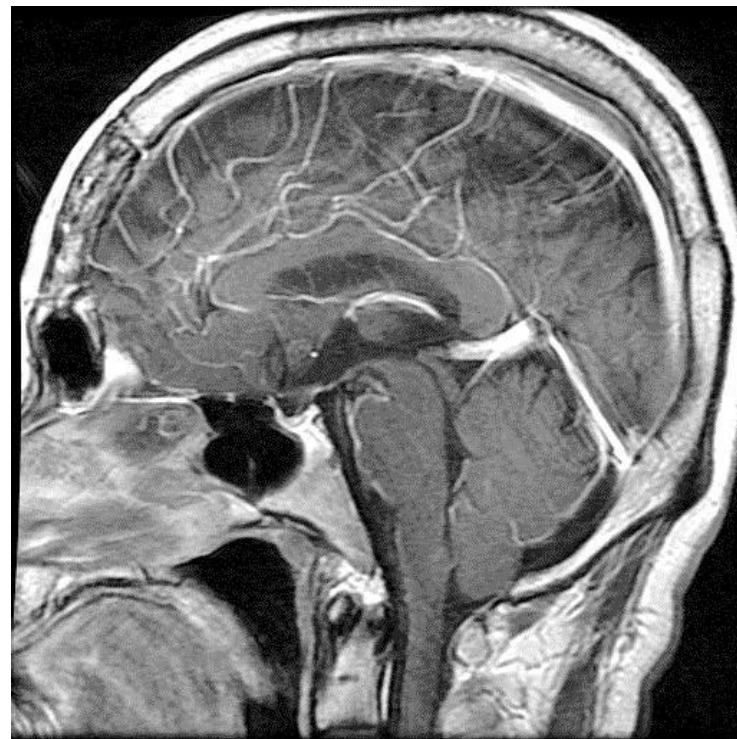
傾斜磁場強度を「1 : (-2) : 1」の割合でそれぞれ同じ時間印可すると静止組織と流れによる位相変化が0になる

流れのアーチファクトの抑制方法

- 流速補正法



流速補正なし



流速補正あり

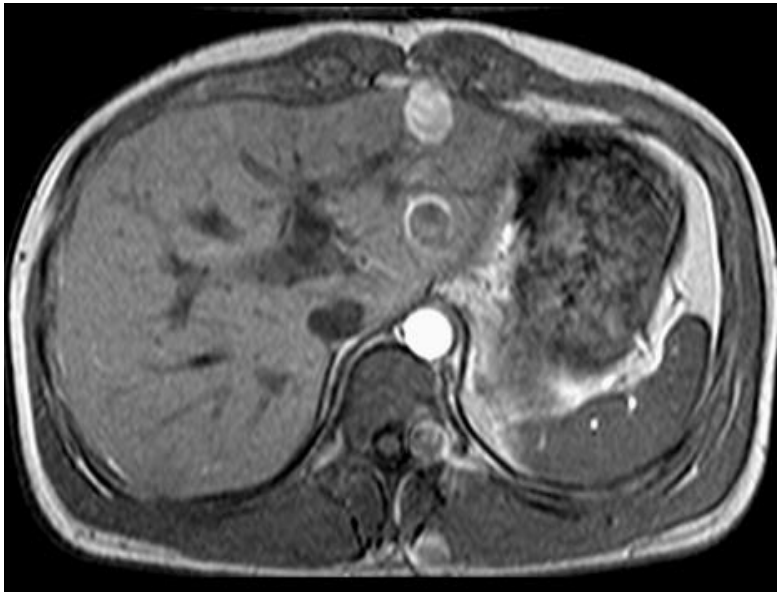
流れのアーチファクトの抑制方法

- 血液信号を抑制

高信号なものほど動きのアーチファクトの影響が大きい

- 前飽和パルス

血流の上流側へ印加



前飽和パルスなし

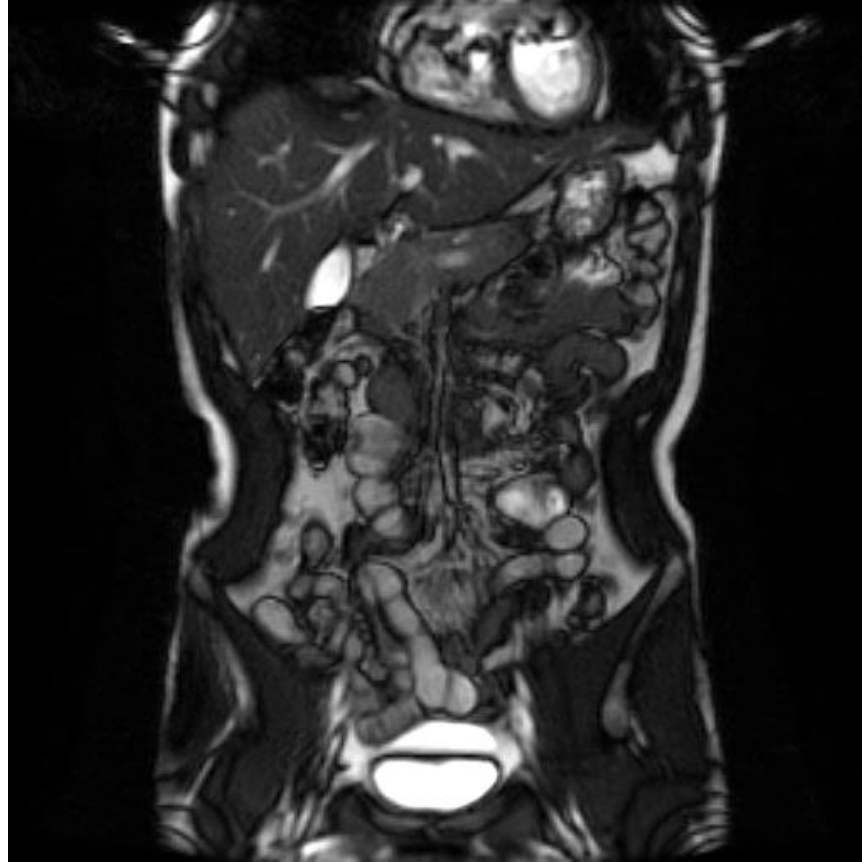


前飽和パルスあり

生体における動き

- ・体動
- ・呼吸
- ・心拍動
- ・流れ(血液・脳脊髄液)
- ・腸管の蠕動

腸管の蠕動によるアーチファクト



腸管はランダムな動きであり，画像上は“ぼけ”の原因となる

蠕動運動の補正法

ランダムな動きであると共にいつ起こるか予測できないため、同期をかけるような技術は不可能

鎮痙剤を投与することで蠕動運動を抑制

蠕動運動を抑制する鎮痙剤

- ブチルスコポラミン臭化物製剤
(Scopolamine Butylbromide : Buscopan)
- グルカゴン
(Glucagon)



鎮痙剤なし



鎮痙剤あり

MRI検査は消化管の蠕動運動による影響を受けやすい。

本日の内容

- ◆動きによるアーチファクトの原理と特徴
- ◆動きによるアーチファクトへの対応
- ◆まとめ

まとめ

生体は『動くもの』という認識が必要

原理を知ることによって、適切な対策テクニックを上手に使うことができる

患者の協力が得られれば、動きのアーチファクトは減らすことができる

『MRIのテクニック』 ・ 『患者協力』 の両立

ご清聴ありがとうございました

