

## 各種アーチファクトとその対策①



# Motion Artifact

本発表の内容に関連する利益相反事項は

ありません



# 当院の使用装置の紹介



Discovery 750



Discovery 750w



MAGNETOM Skyra



Signa HDxt



Signa HDxt

3T装置×3台  
1.5T装置×2台  
MRI件数：約80件/日

本日は**GE社**と**Siemens社**のMRI装置を使用したお話になりますがご了承ください



# 「モーションアーチファクト」が発生すると・・・

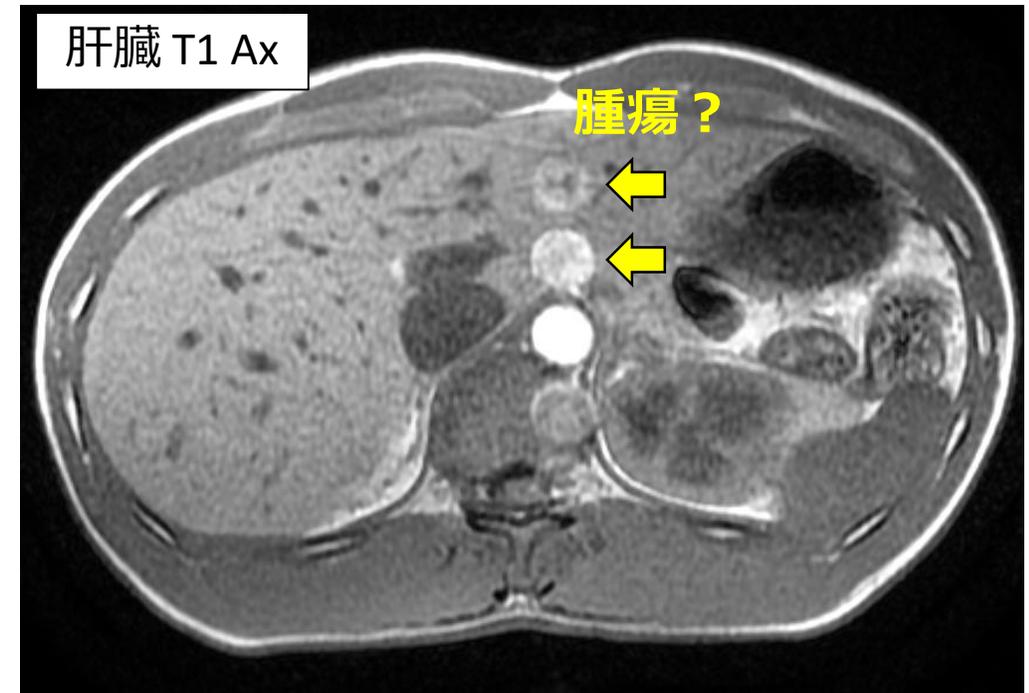


読影困難となる

掲載不可



異常所見と誤認

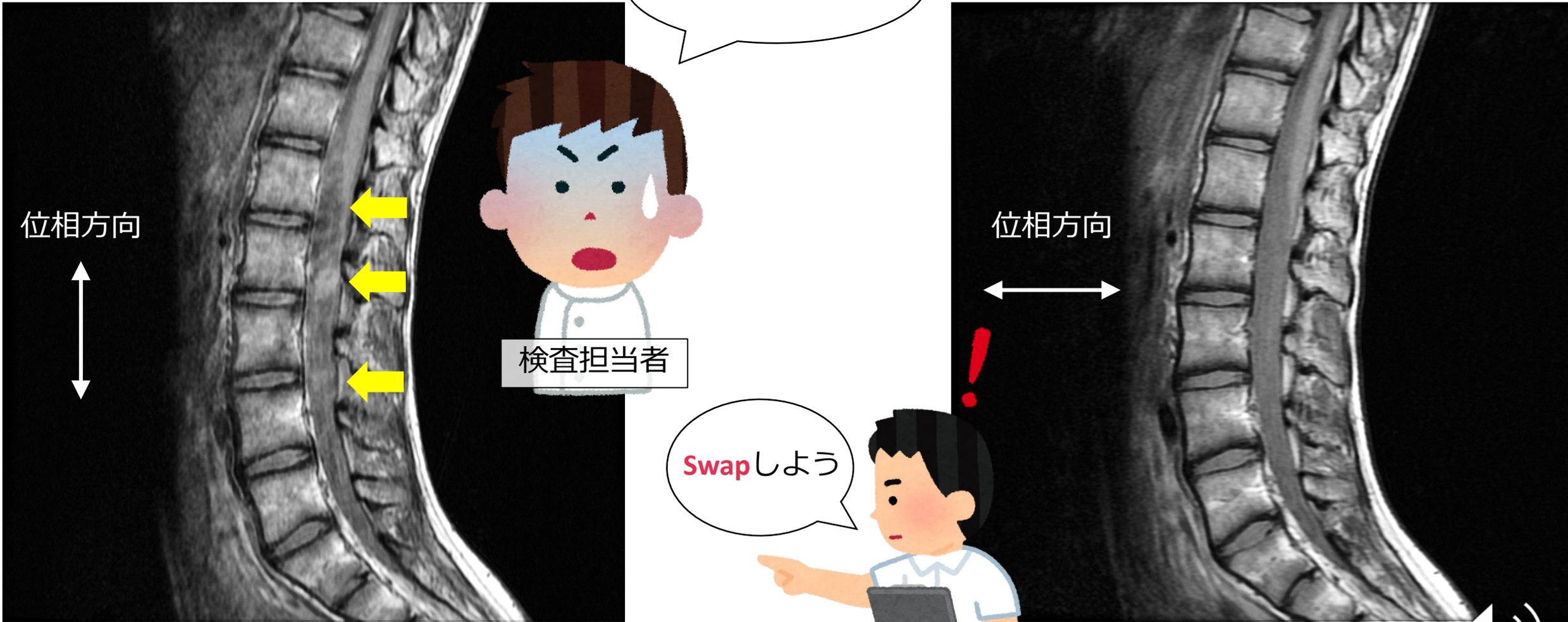


アーチファクトのない（少ない）画像を撮ることは『**読影の補助**』につながる



# モーションアーチファクトにきちんと対応できるか？

臨床例)



腰椎 T1 Sag



# そのために大切なこと

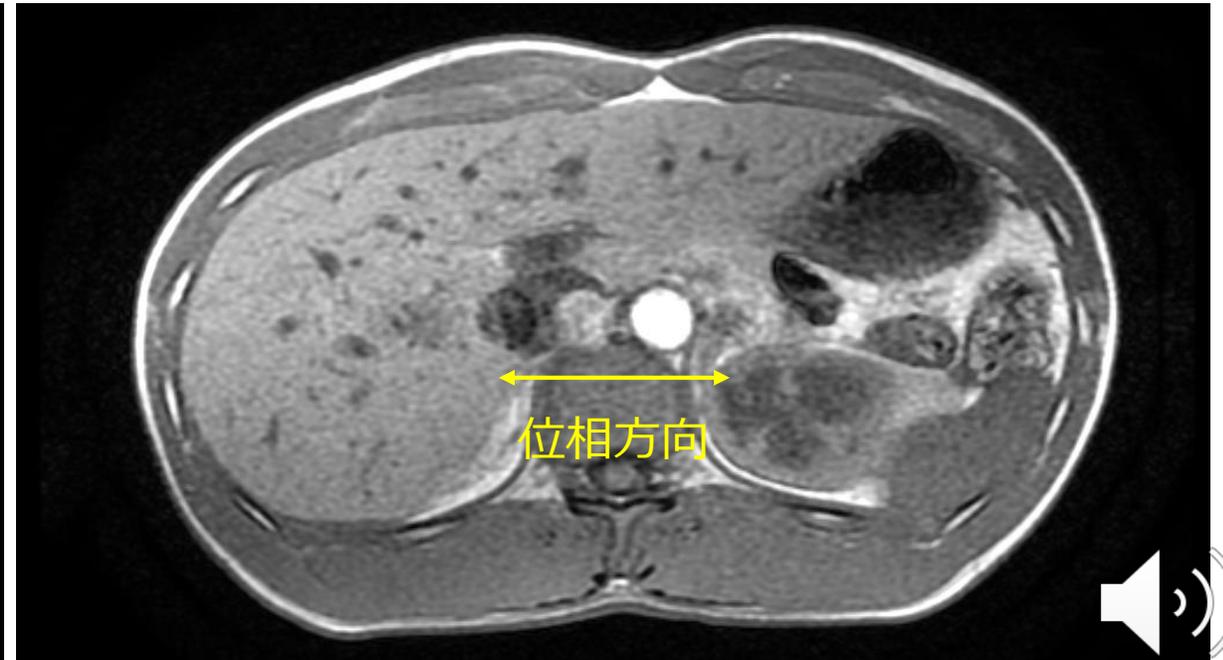
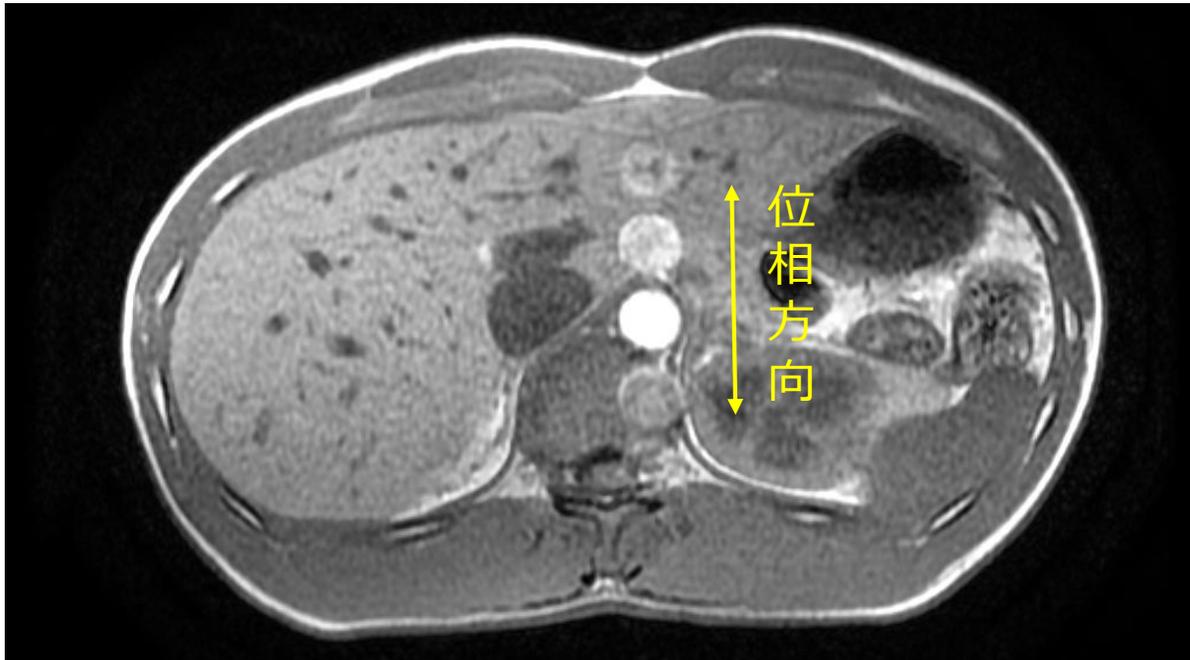
モーションアーチファクトを・・・

1. 理解する
2. 認識する
3. 防ぐ（軽減する）



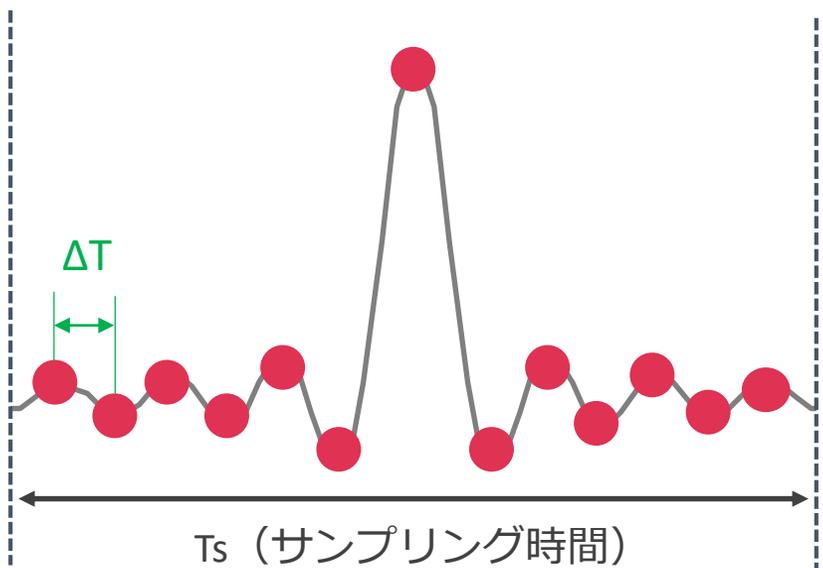
# モーションアーチファクトの特徴

1. 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）
2. 周期的な動きは、一定の間隔でアーチファクトを生じる



# モーショナーチファクトの特徴 なぜ位相エンコード方向に？

## 周波数エンコード

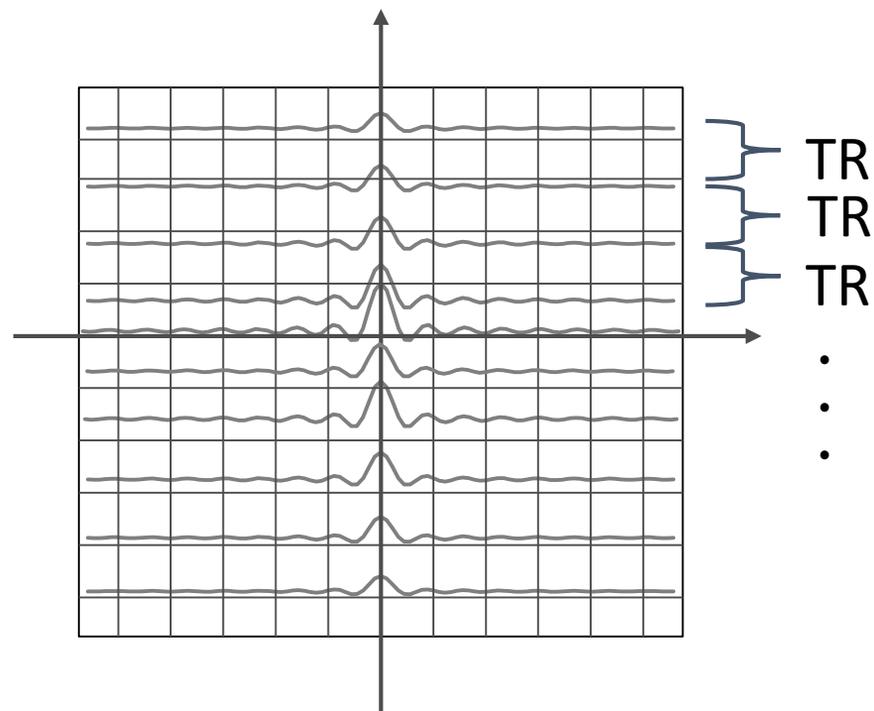


周波数エンコードにかかる時間は

$$T_s = N_x \times \Delta T_s \quad \text{数ミリ秒}$$

動きの影響をほとんど無視できる

## 位相エンコード



位相エンコードにかかる時間

$$\text{Scan time} = N_y \times TR \times NSA \quad \text{数分}$$

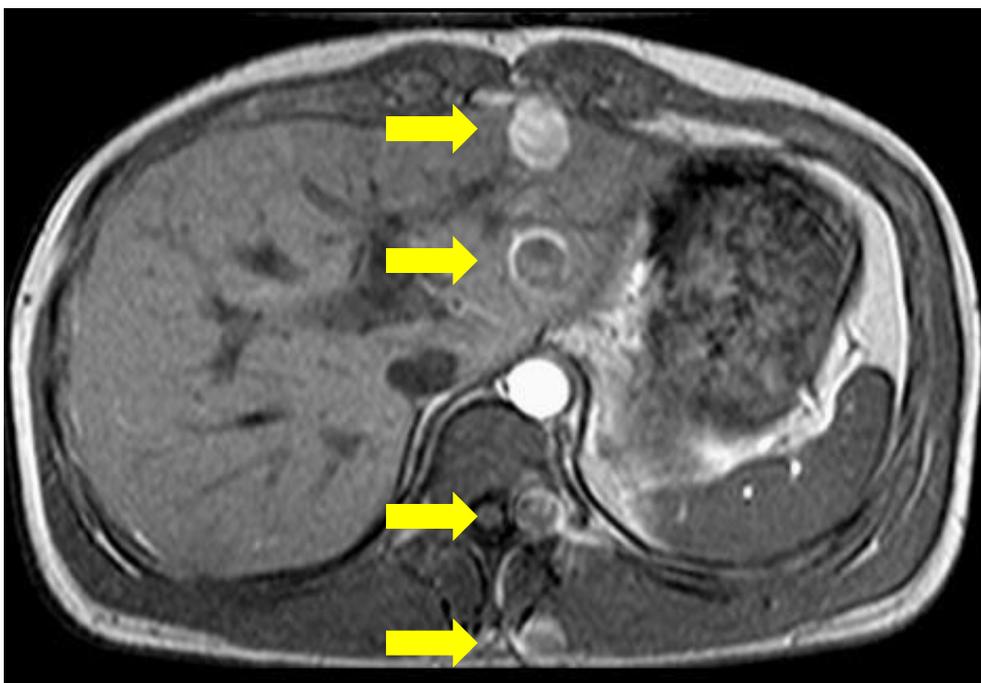
動きの影響は位相方向に顕著に発生



# モーションアーチファクトの特徴

## 周期的な動き

一定の間隔で発生  
(ゴースト)



ゴーストの間隔

*Dicetance*

$$= TR \times Ny \times NSA \times \textit{motion frequency}$$



撮像時間が延びる方向に  
パラメータを調整すると  
間隔が広がる。



呼吸や心拍が早い方が  
間隔が広がる。



# 生体における周期的な動きへの対策

1. 呼吸

2. 拍動・流れ（血流や脳脊髄液）



# 生体における周期的な動きへの対策

## 1. 呼吸

## 2. 拍動・流れ（血流や脳脊髄液）



# 呼吸によるゴーストの抑制①

- ゴーストの発生源の**信号強度**を下げる



**脂肪抑制**することでアーチファクトを軽減できる



# 呼吸によるゴーストの抑制①

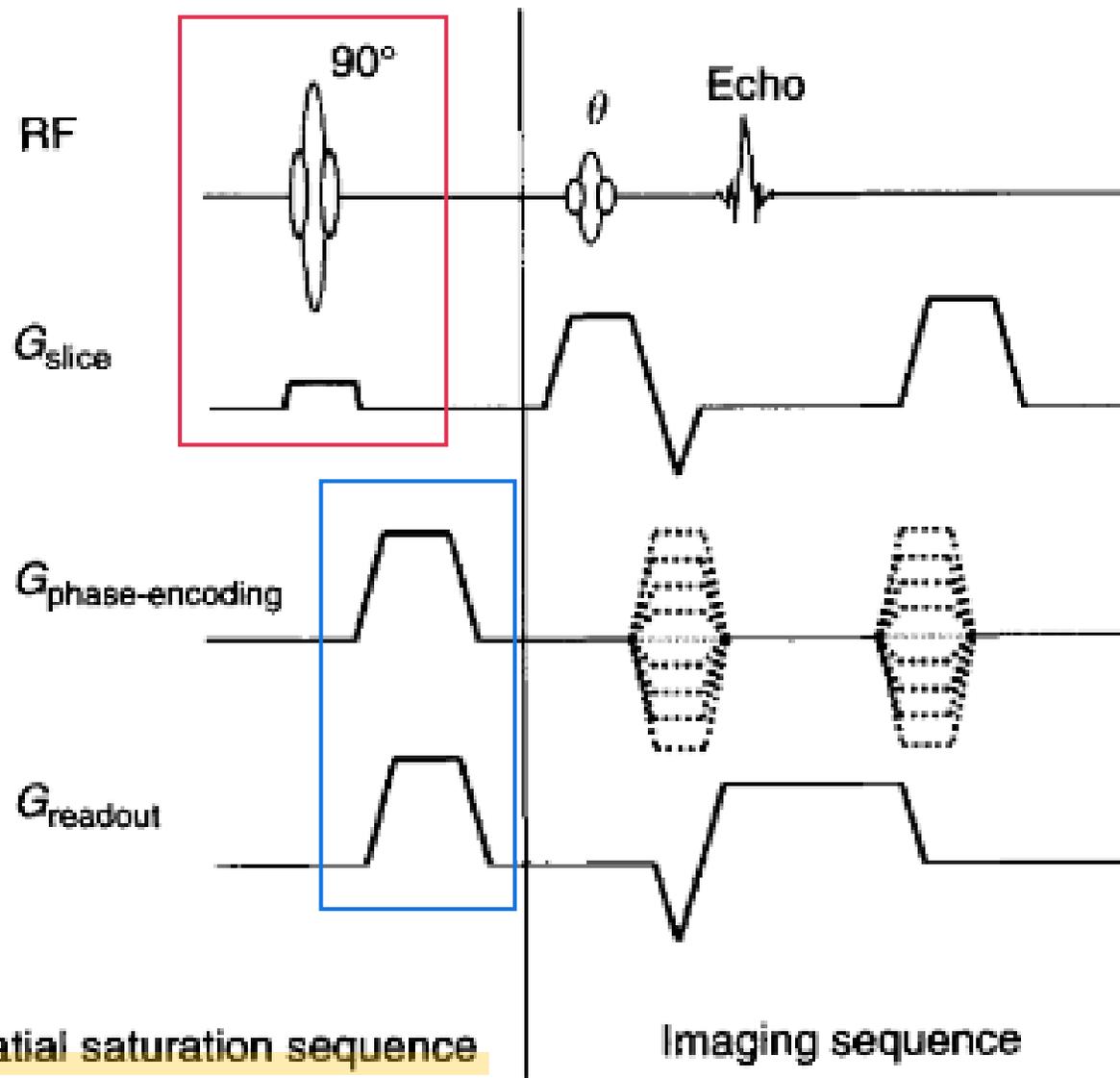
- ゴーストの発生源の**信号強度**を下げる



**空間飽和パルス (SAT)** でアーチファクトを軽減できる



# 空間飽和パルス



1. 空間飽和パルスは、傾斜磁場と  $90^\circ$ パルスを使用して特定の空間を選択的に励起。  
(スライスエンコードと同様)

2. 空間飽和パルスの後に  $G_p$ 軸と  $G_r$ 軸に **spoiler gradient**を使用して残留横磁化を抑制。



# 空間飽和パルスの特徴 (GE社)

SAT厚

20mm



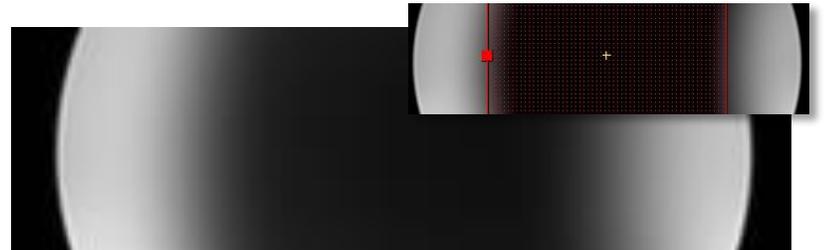
40mm



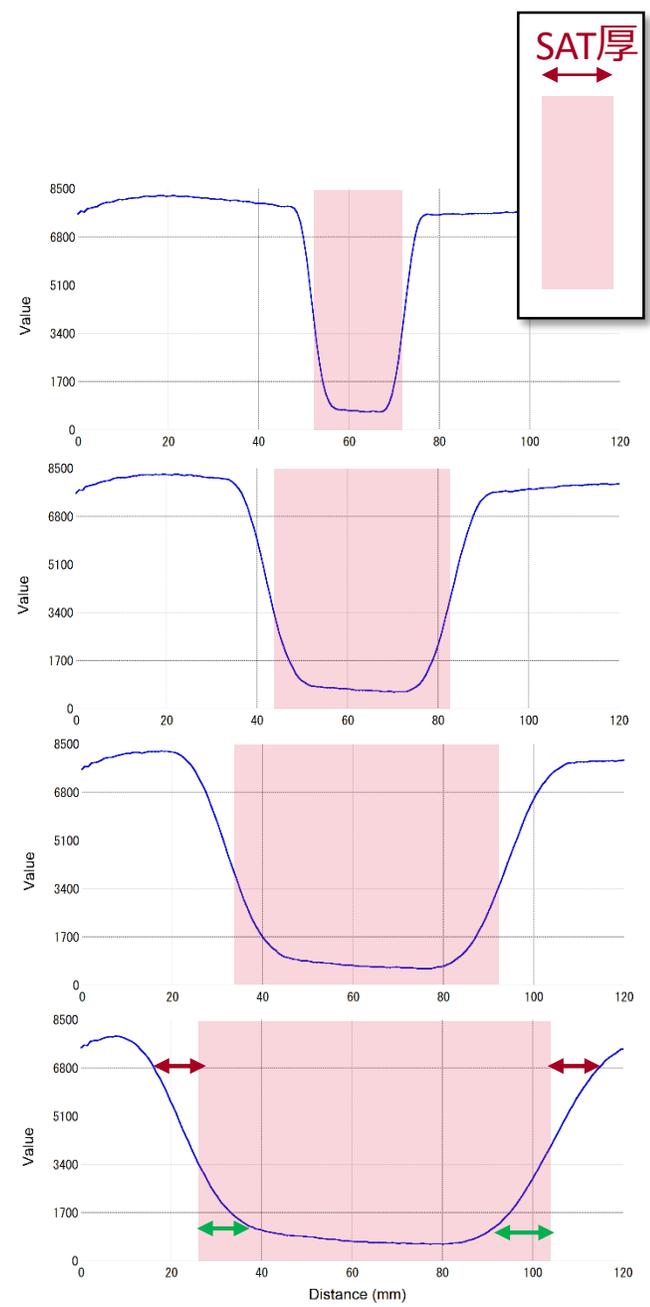
60mm



80mm



ファントム画像



SATプロファイルカーブ

SATを厚くすると  
プロファイルが**悪く**なる



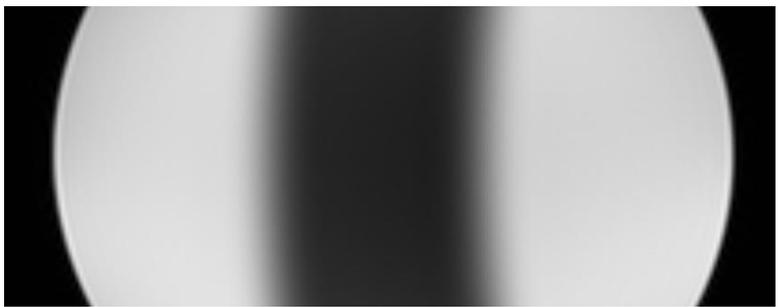
# 空間飽和パルスの特徴 (GE社)

## GE社はSATのタイプが3種類ある (versionによります)

SAT厚 40mm

SAT type

Light  
(default)



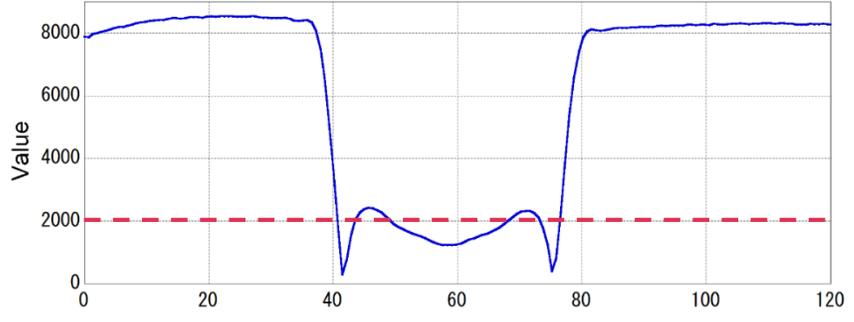
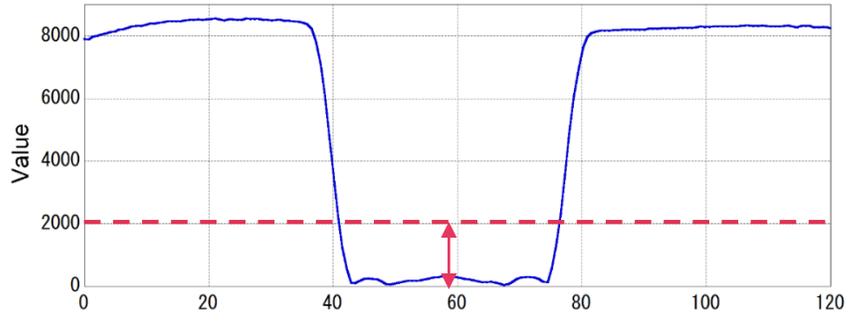
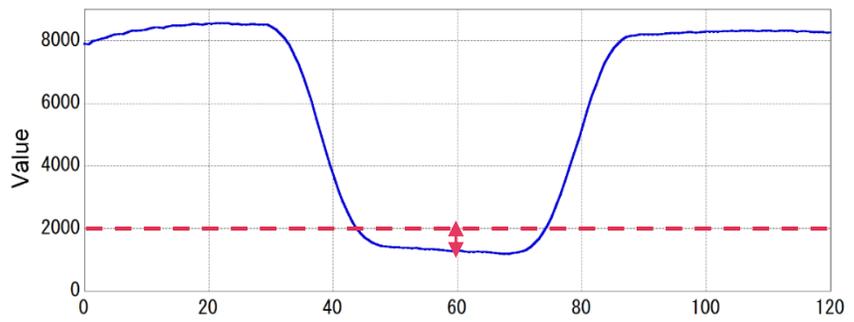
Medium



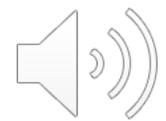
Strong



ファントム画像



SATプロファイルカーブ



20mm

40mm

60mm

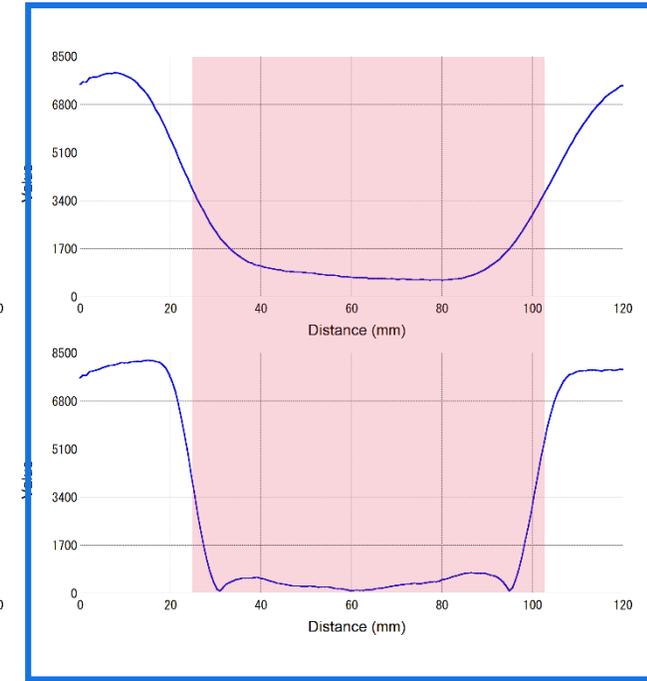
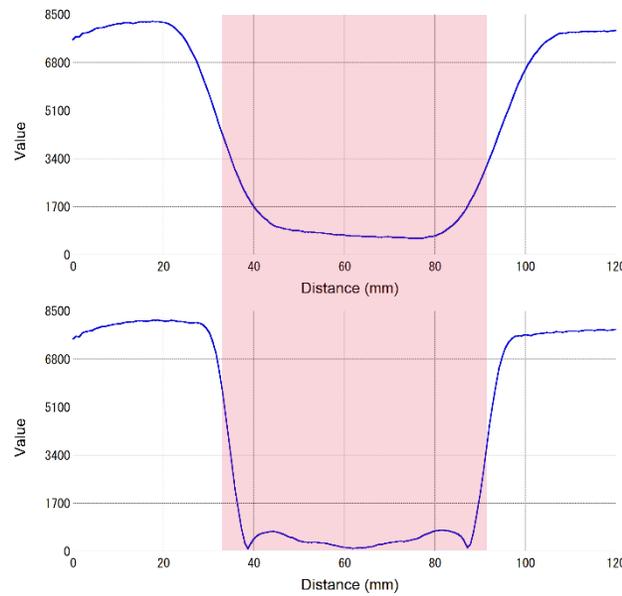
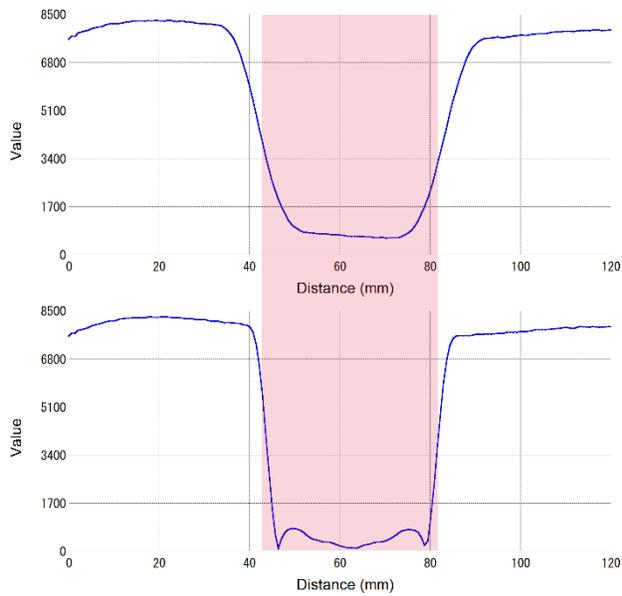
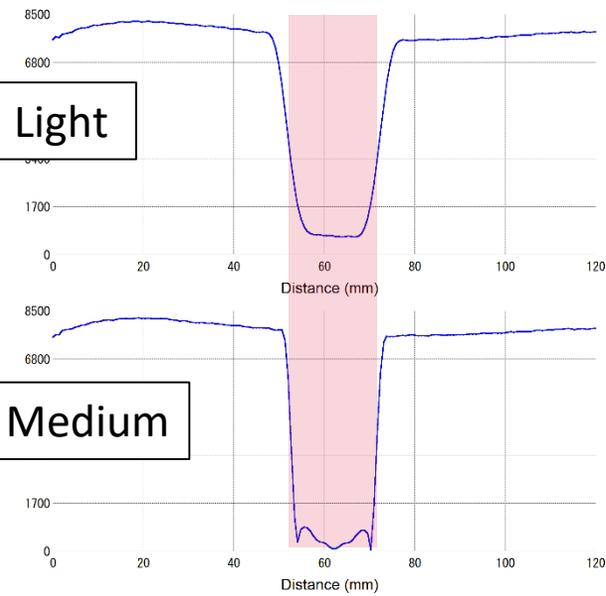
80mm

Light

Medium

Light

Medium



Mediumの方がSATを厚くしてもプロファイルの劣化が少ない



Light

Medium

掲載不可

- 狙ったところ（範囲）をしっかりと消せる
- ただし、撮像可能枚数が減少

**Medium、Strong**

- ・ SAR上昇
- ・ SATパルスの印加時間延長

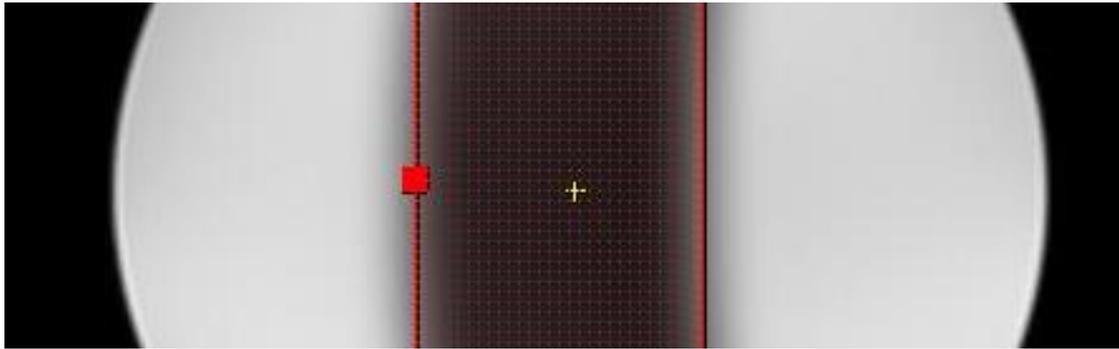
腹壁辺縁



# 装置メーカーによる違い

**GE社**

SAT厚 40 mm



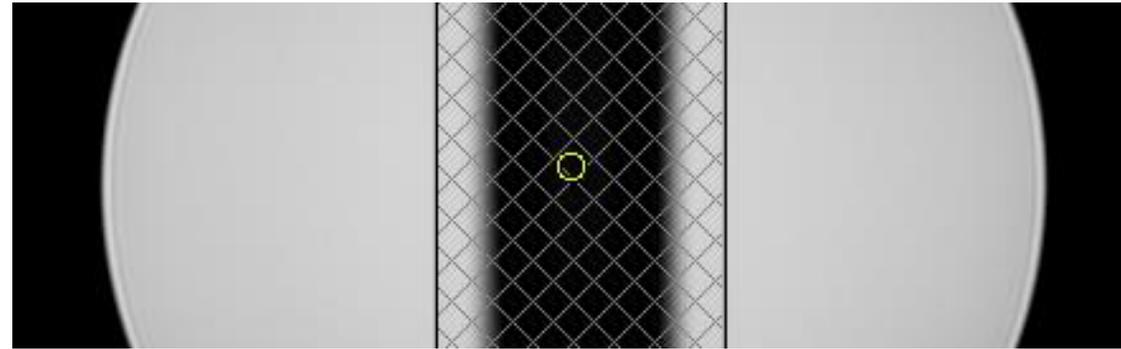
SAT type

**Light**  
(default)

思ったより**外側まで消える**

**Siemens社**

SAT厚 40 mm



**Standard**  
(default)

思ったより**狭い範囲しか消えない**

装置メーカーによってdefaultのSATのプロファイルが異なる



# 空間飽和パルス

空間飽和パルスの**プロフィールの特徴**をおさえて

見たいところは消さずに

**アーチファクトの発生源のみを確実に消す**



ただ打てば良いわけではない



# 呼吸によるゴーストの抑制②

- ゴーストの発生源の動きの**振幅**を小さくする

〔第49回総会シンポジウム〕

## MRI 撮像技術とその臨床評価

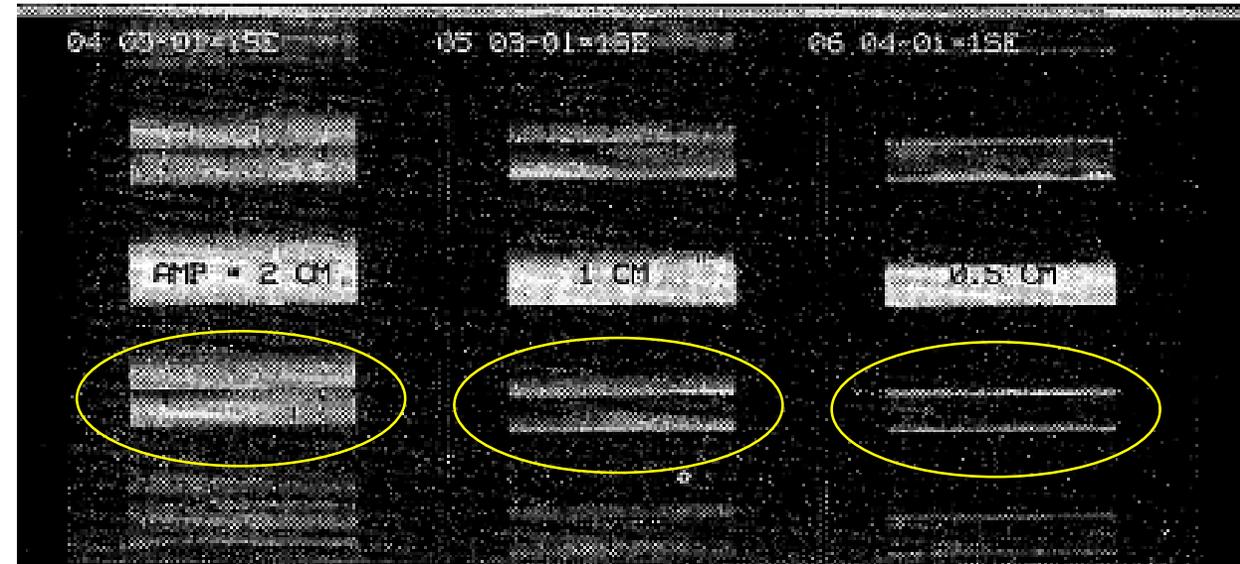
### —アーチファクトの原因と対策—

座長 段 床 嘉 晴 (大阪大学医学部附属病院)  
演者 半 村 勝 浩 (国立がんセンター中央病院)  
室 伊三男 (東海大学附属病院)  
土 井 司 (奈良県立医科大学附属病院)  
杉 本 博 (㈱東芝那須工場)

### 1. 体動によるアーチファクト

半 村 勝 浩

国立がんセンター中央病院



振幅 2 cm

1 cm

0.5 cm

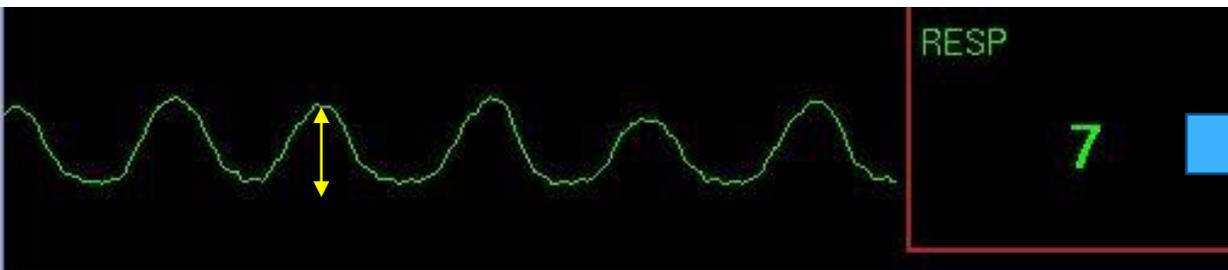
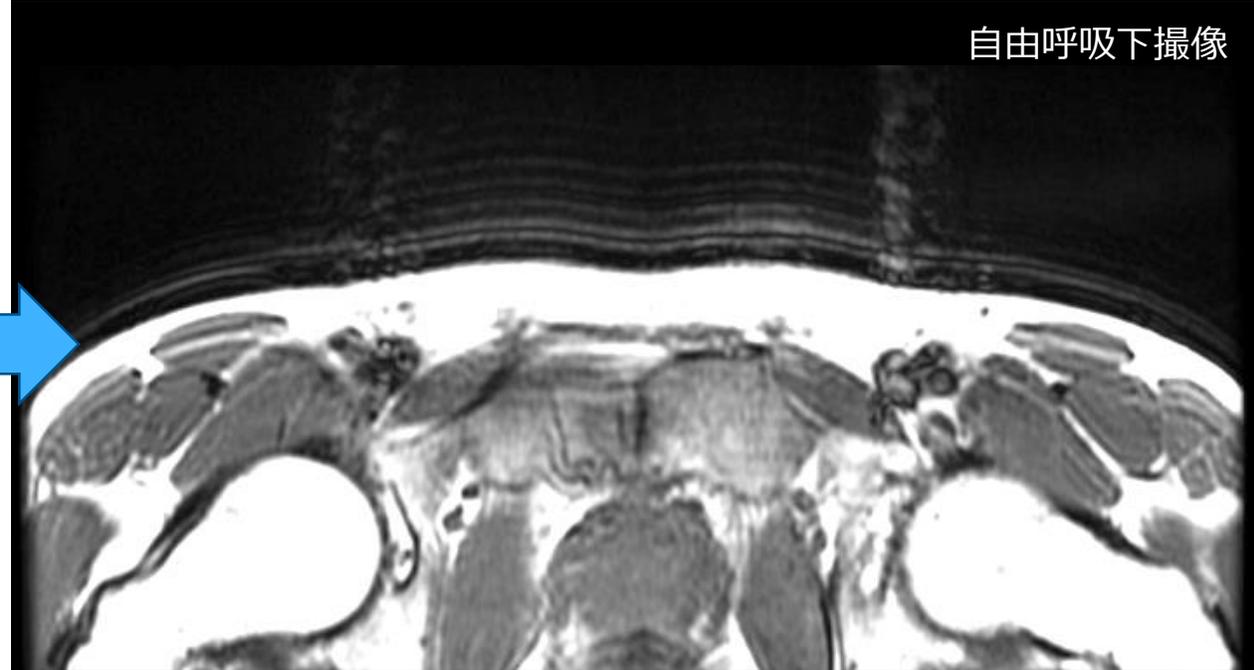
振幅が小さくなるにつれてゴーストが弱くなる



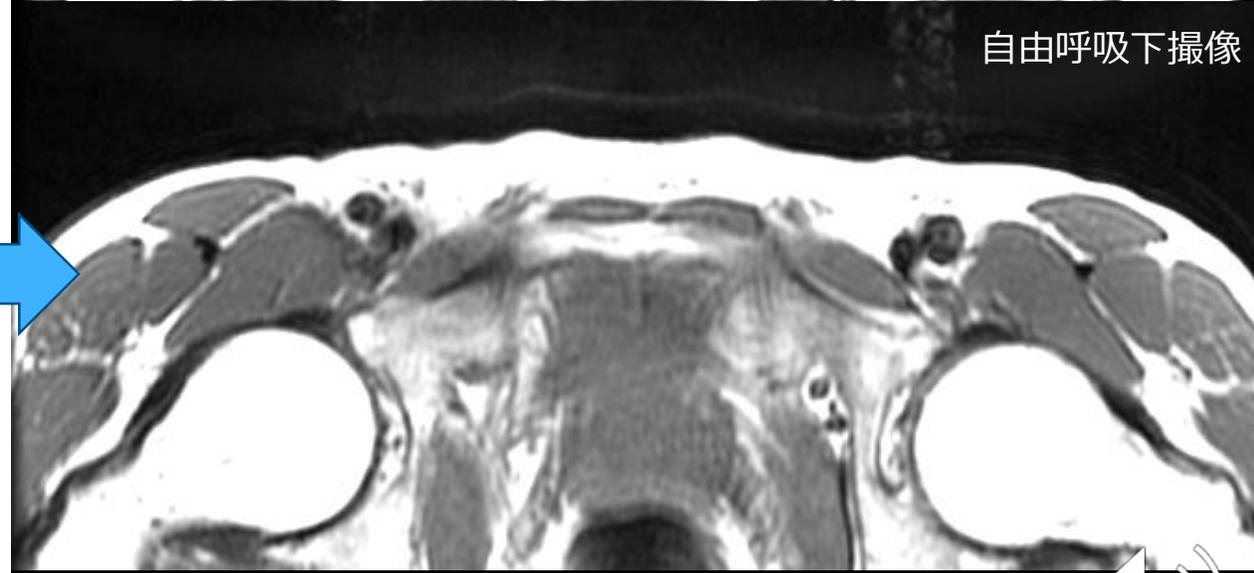
# 呼吸波形



振幅が大きい



振幅が小さい



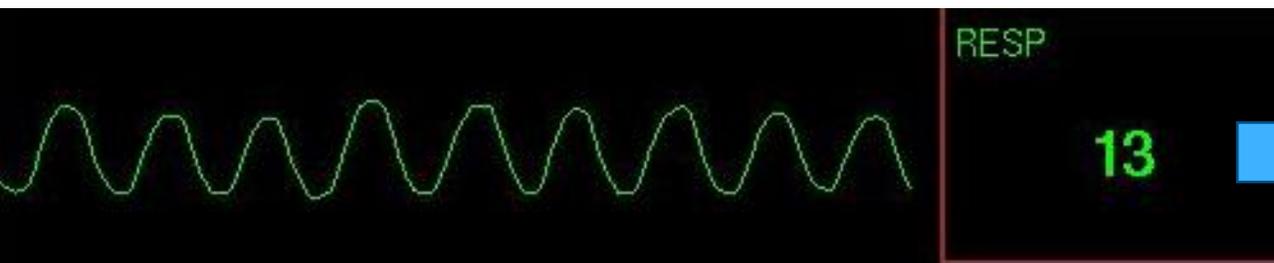
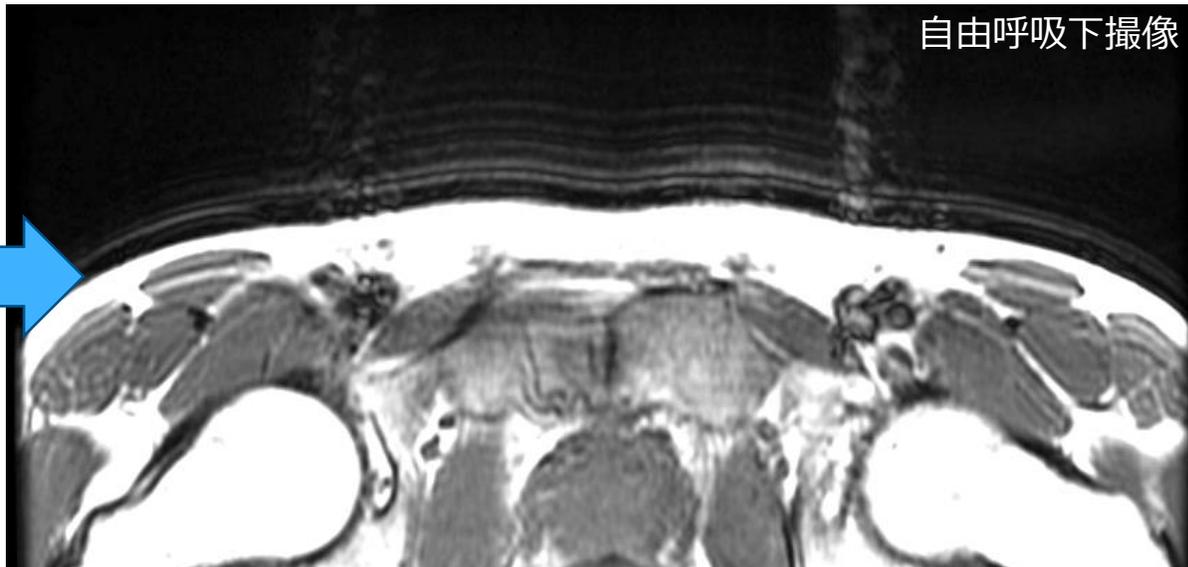
Ghostの信号強度が弱くなる

ちなみに・・・

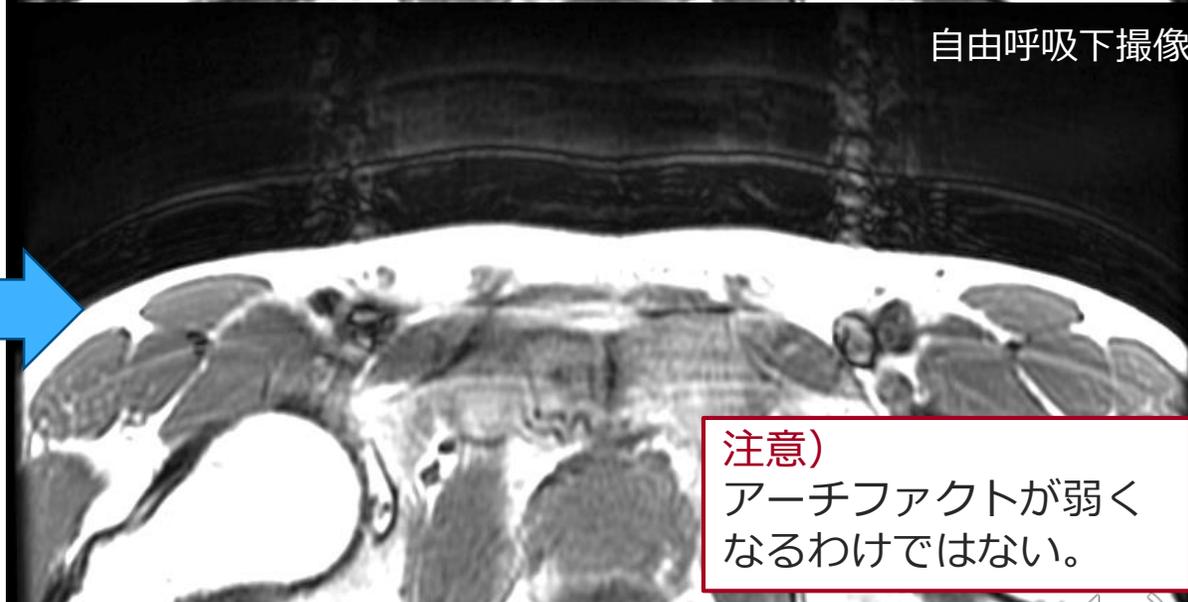
呼吸波形



呼吸が遅い



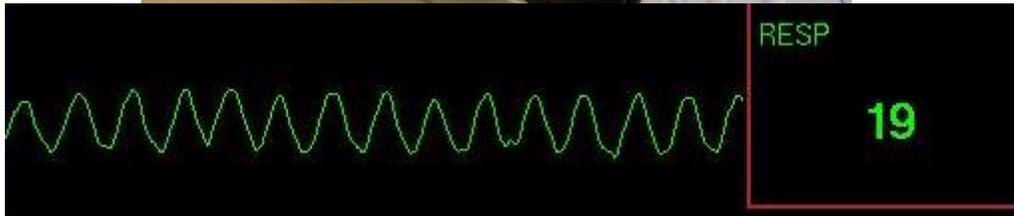
呼吸が速い



Ghostの間隔が大きくなる

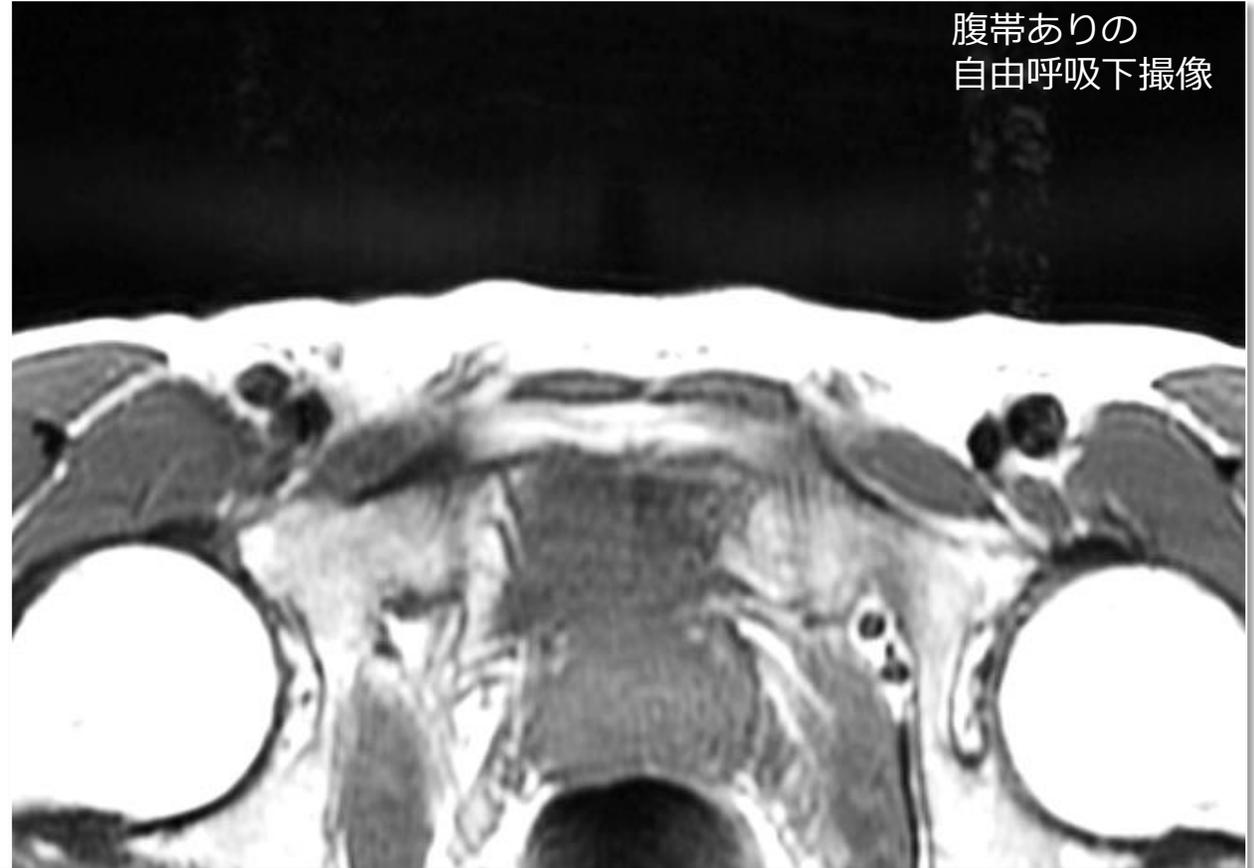


# 呼吸の影響が出やすい部位では腹帯がおすすめ



**腹帯**によって呼吸の**振幅**を小さくする

(振幅が小さくなると、呼吸のリズムも速くなりやすい)



腹帯で、アーチファクトを**弱く**かつ**遠く**に



# 呼吸によるゴーストの抑制③

## ➤ 呼吸同期撮像

呼吸周期に合わせて撮像することでモーションアーチファクトを軽減



撮像時間は延長するが、呼吸停止撮像より空間分解能を高くできるメリットもある



# 呼吸によるゴーストの抑制④

## ➤ 呼吸停止撮像

Parallel Imagingを併用して、呼吸停止している間に短時間撮像を行う方法。

掲載不可

呼吸同期でうまく撮れない時は**呼吸停止撮像**を考慮。

\* 消化管の蠕動運動の影響も軽減

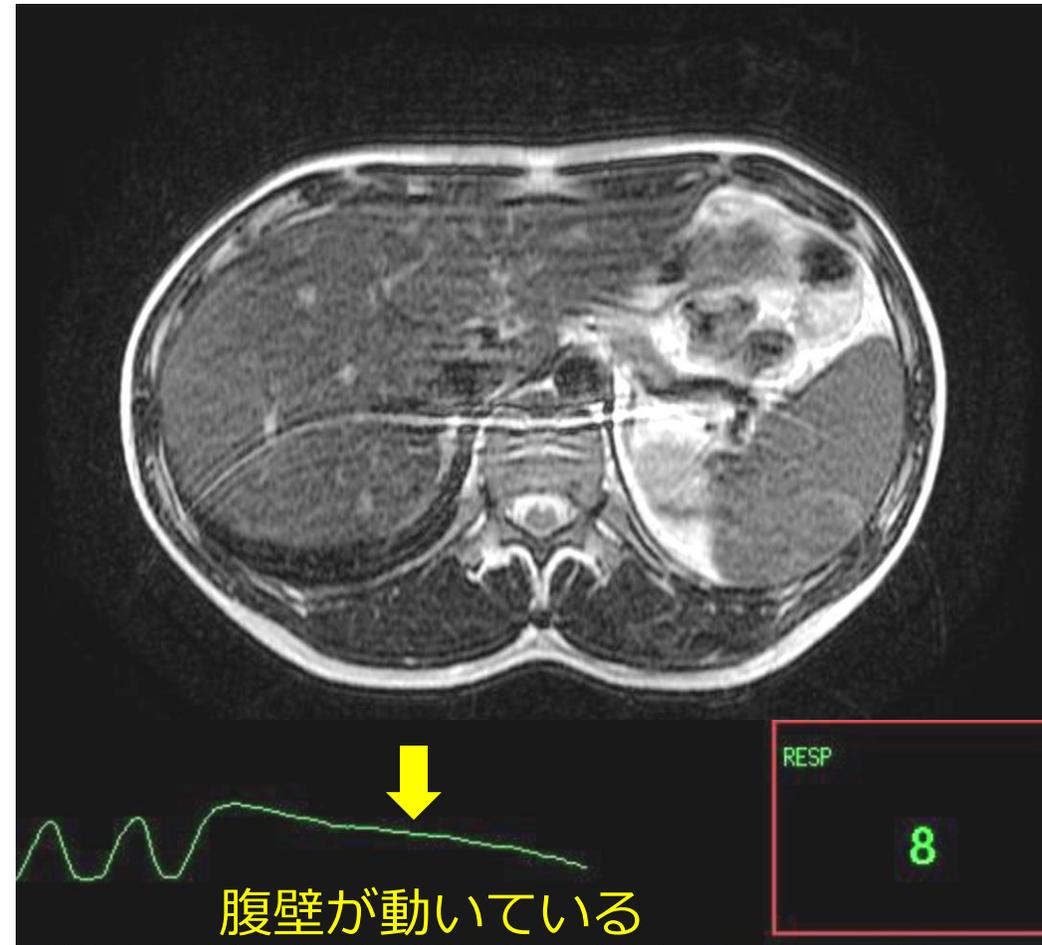
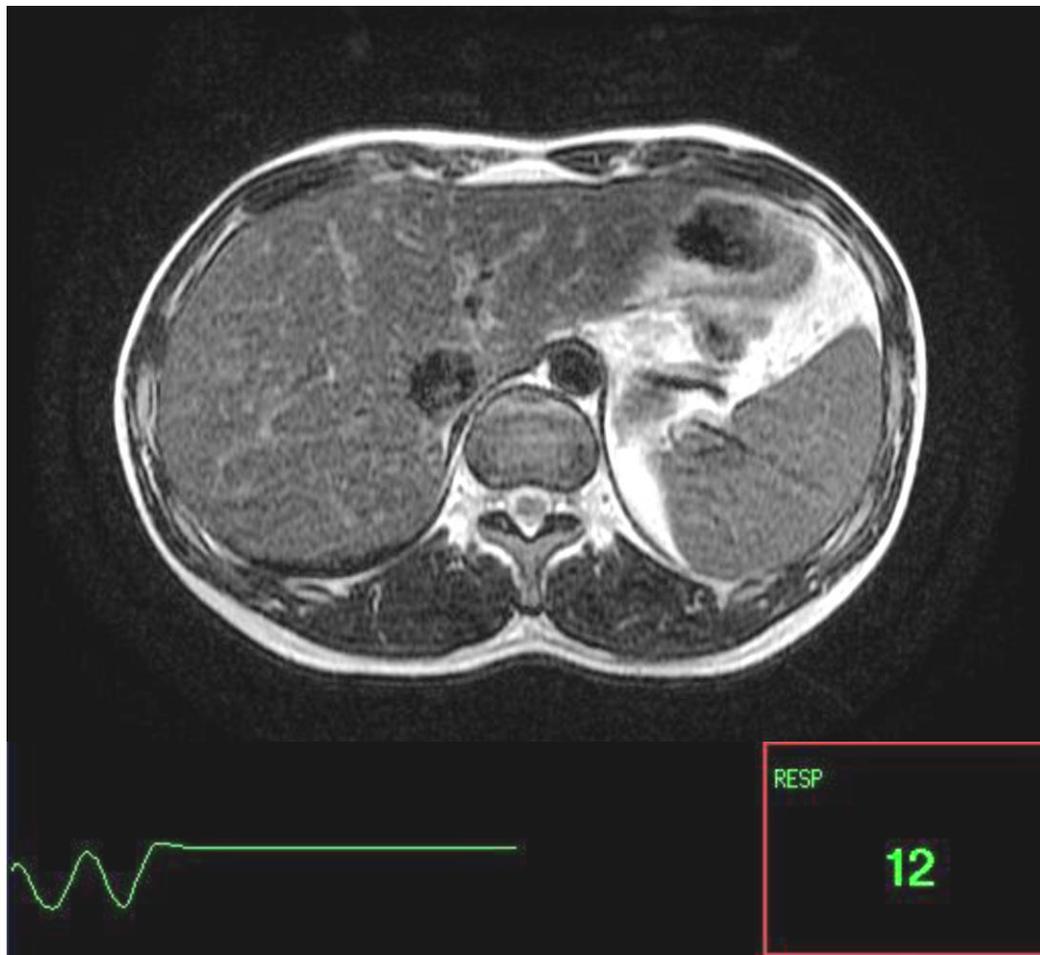
### 問題点

- 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わけではない



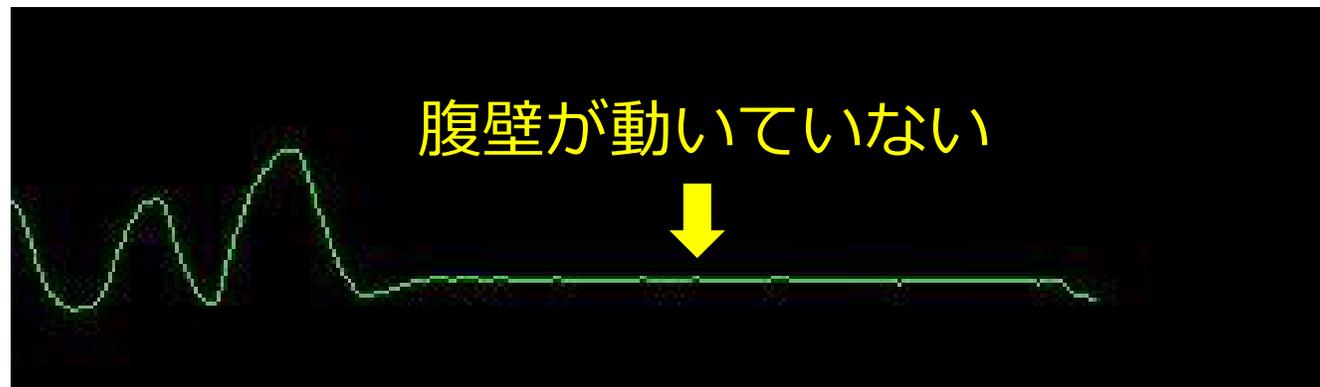
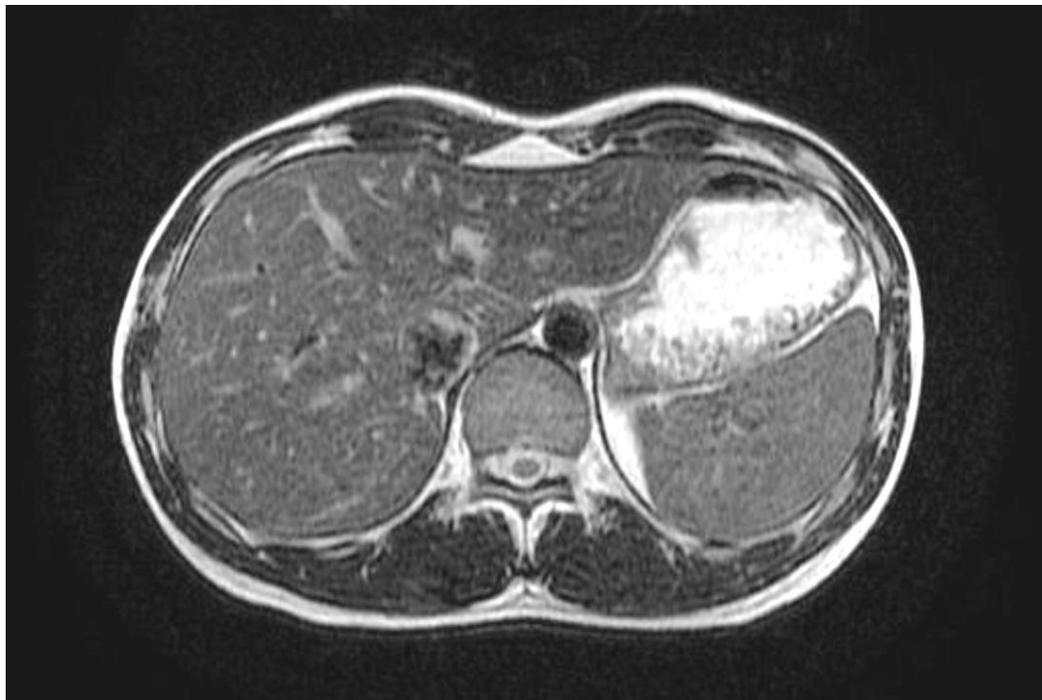
# どちらも**吸気**停止で撮像



吸気での安定した呼吸停止は難しい



# 腹部検査は呼気停止での撮像が良い



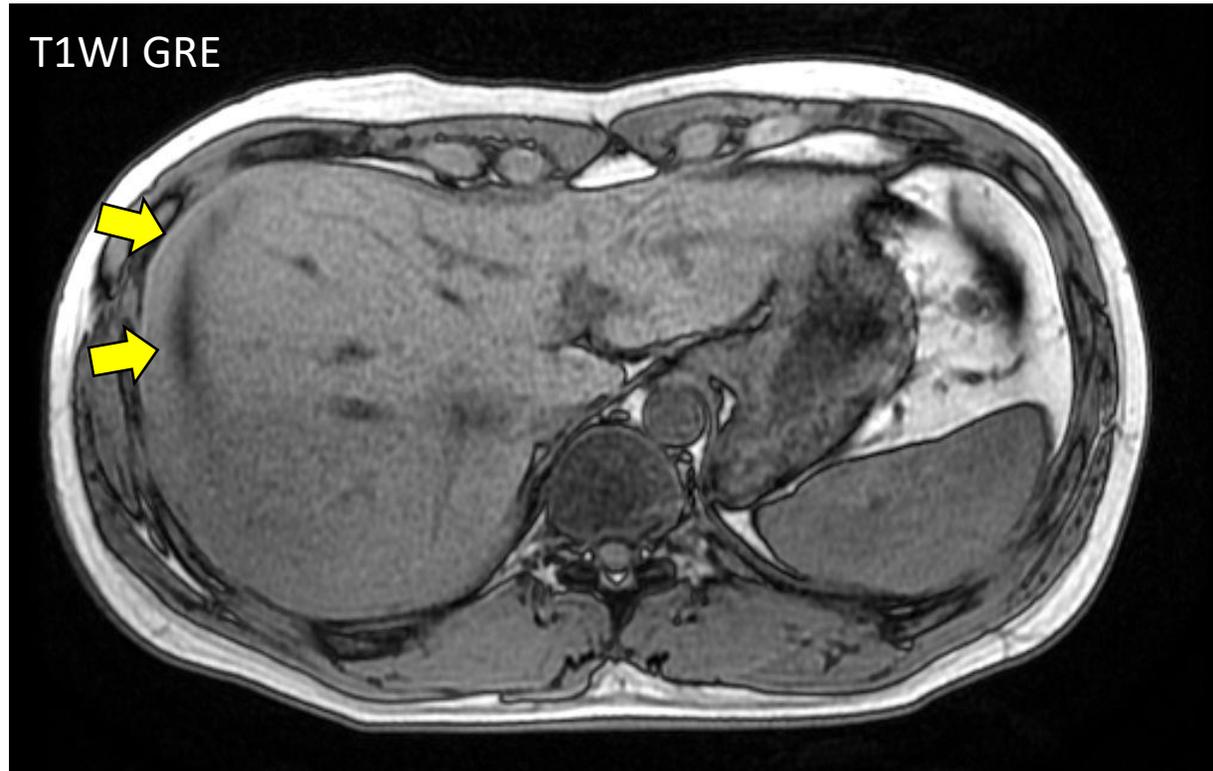
## 呼気停止の利点

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



# 呼吸停止の位置ずれによるアーチファクト

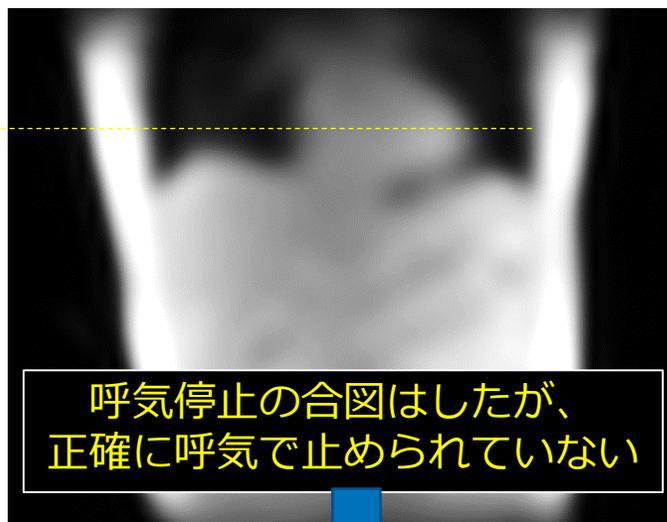
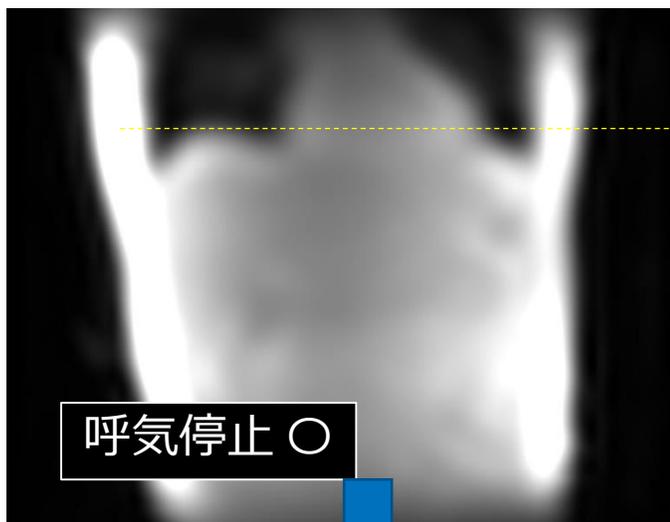
## ➤ Parallel Imaging (SENSE, ASSET)



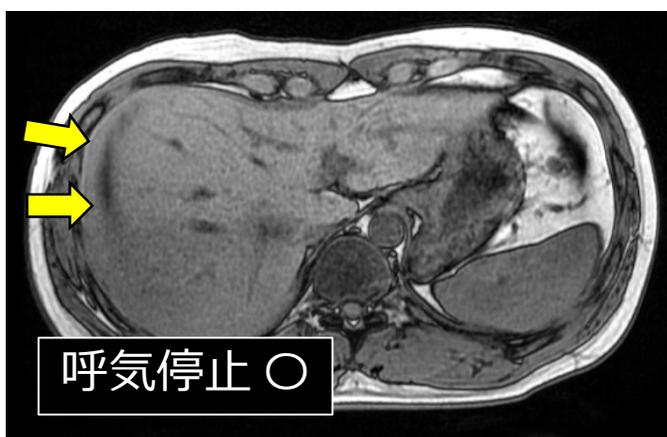
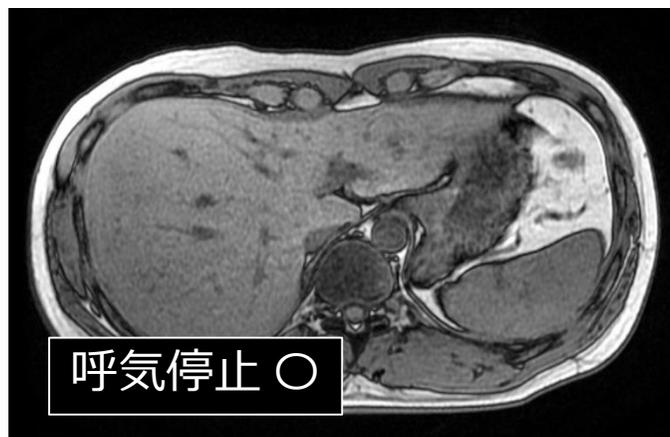
呼吸停止で撮像



Calibration scan  
(Cor MPR)



T1WI



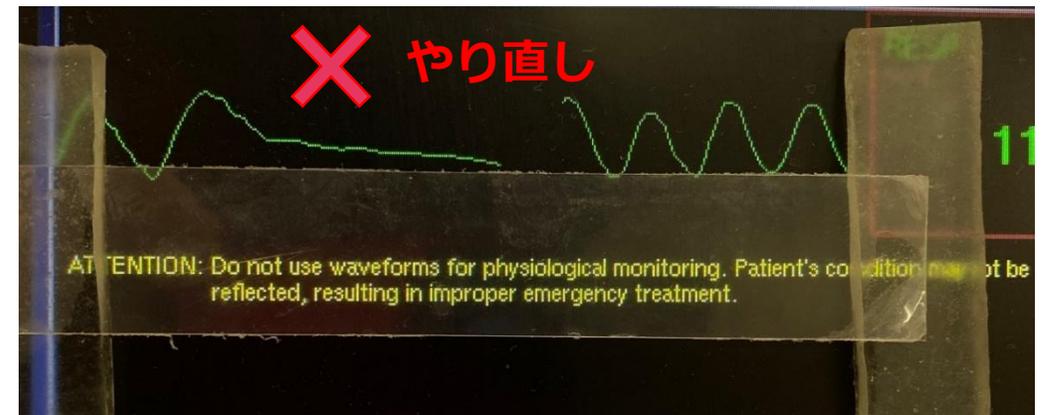
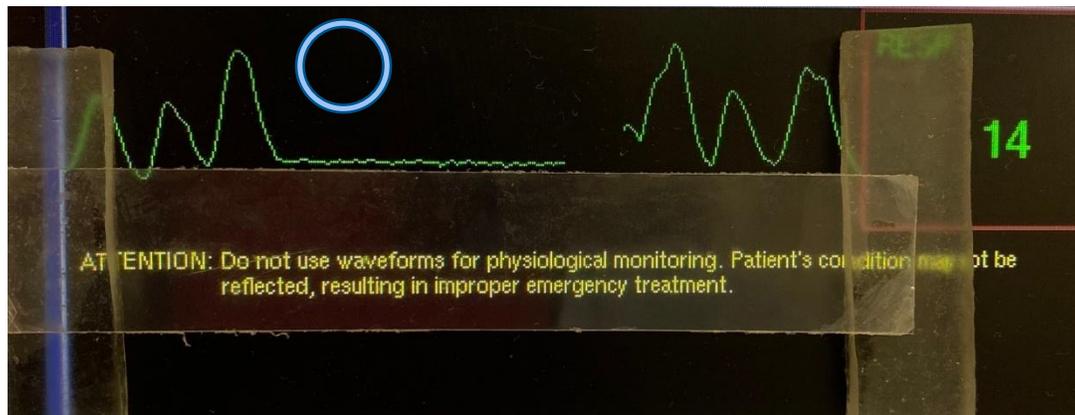
Calibration scanとの呼吸停止の  
位置ずれによってアーチファ  
クトが発生する。

検査内での**再現性**の高い呼吸停止が重要



# 再現性のある呼吸停止のための当院の工夫

しっかりと呼気停止できた際の呼吸波形の上に**透明なセロファン**を貼って、**毎回同じ位置で呼気停止**してもらおうよう合図する。



腹部の検査全てで実施



# 呼吸によるモーションアーチファクト対策：まとめ

## ➤ 呼吸のコントロールが重要

1. 無理のない範囲で**浅くテンポの良い呼吸**をしてもらう。
2. **腹帯**を使って呼吸の**動きを小さく**抑えることも重要。
3. 呼吸同期撮像では**撮像中に寝ない**ように注意する
4. 呼吸停止する場合は**再現性のある安定した呼気停止**が大切。



# 生体における周期的な動きへの対策

1. 呼吸

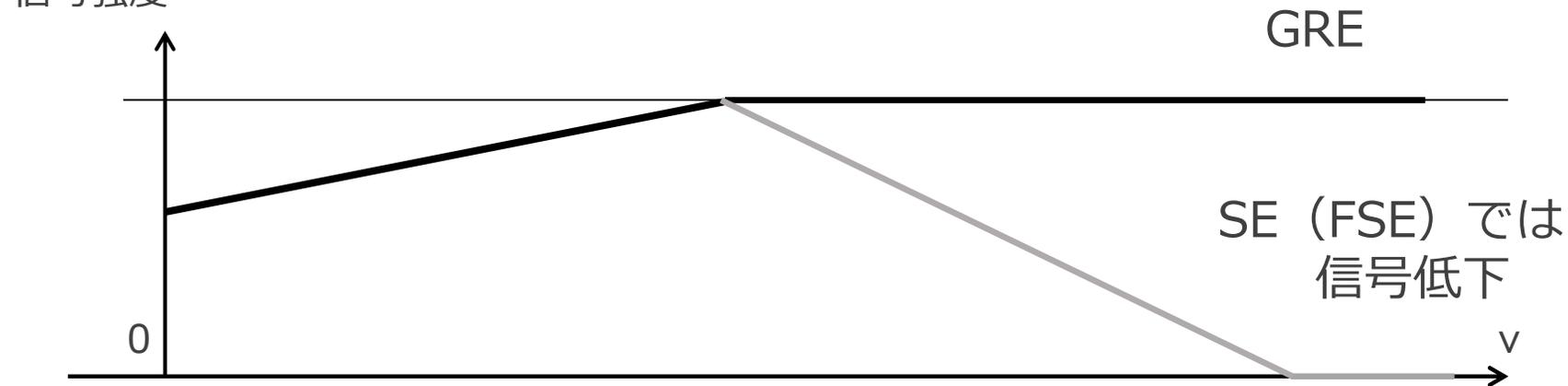
2. 拍動・流れ（血流や脳脊髄液）



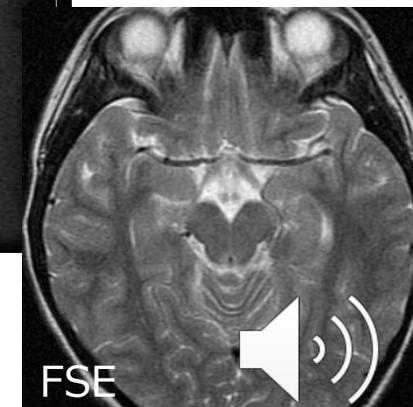
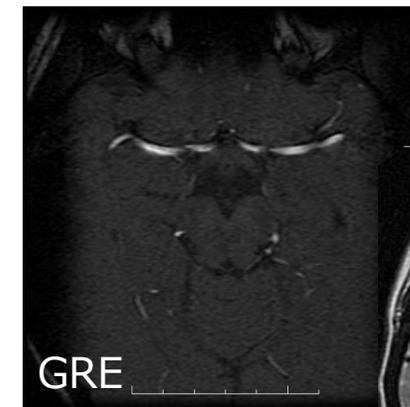
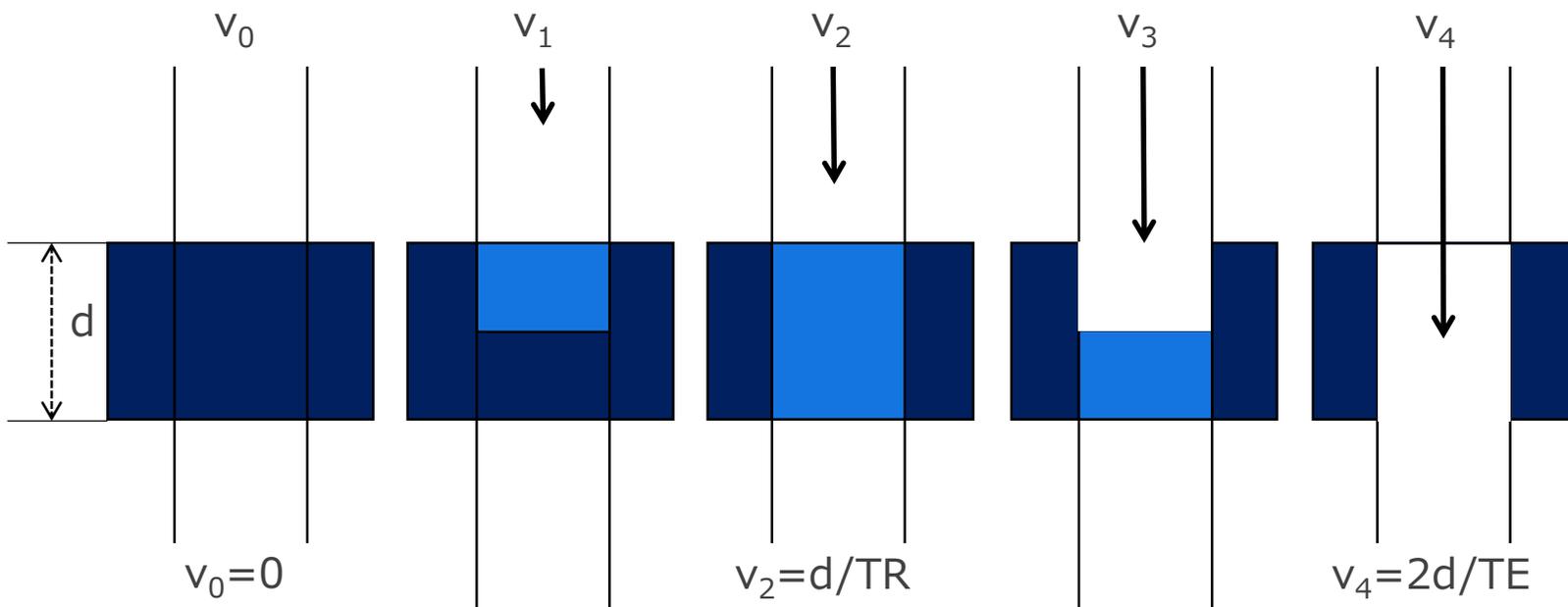
# 血流や脳脊髄液

流れの速さや撮像シーケンスによって信号が上昇したり低下したりする

信号強度



**In flow**  
or  
**Flow void**



# Flowアーチファクトの抑制

## 基礎編

1. 空間飽和パルス
2. SWAP
3. 流速補正

## 応用編

Pulse Sequenceの選択



# Flowアーチファクトの抑制

## 基礎編

1. 空間飽和パルス
2. SWAP
3. 流速補正

## 応用編

Pulse Sequenceの選択

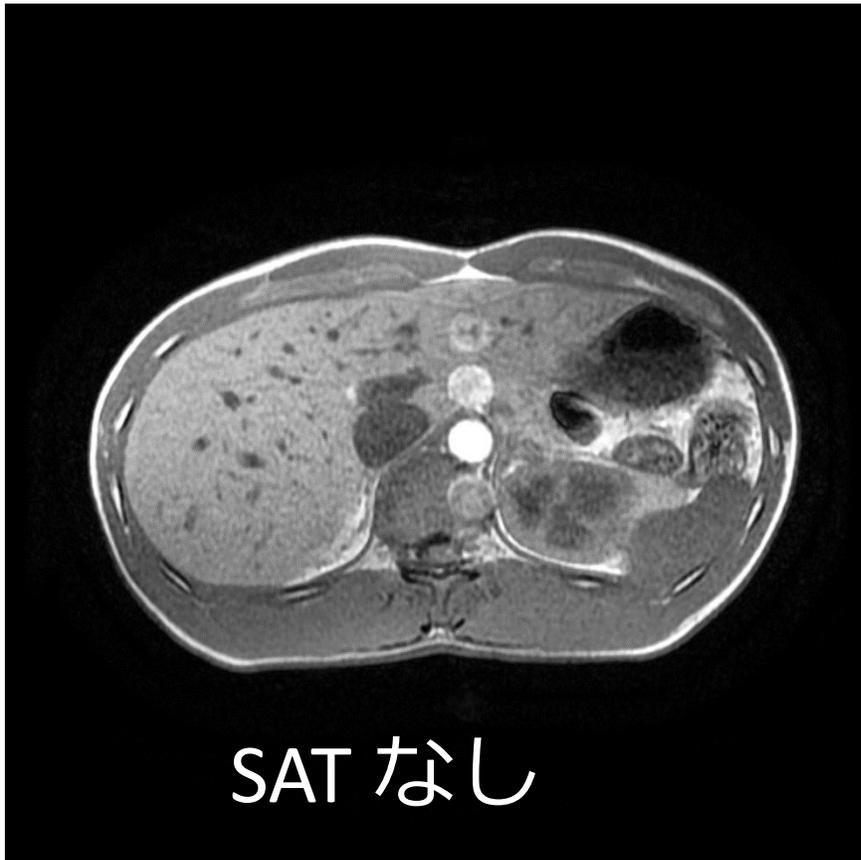
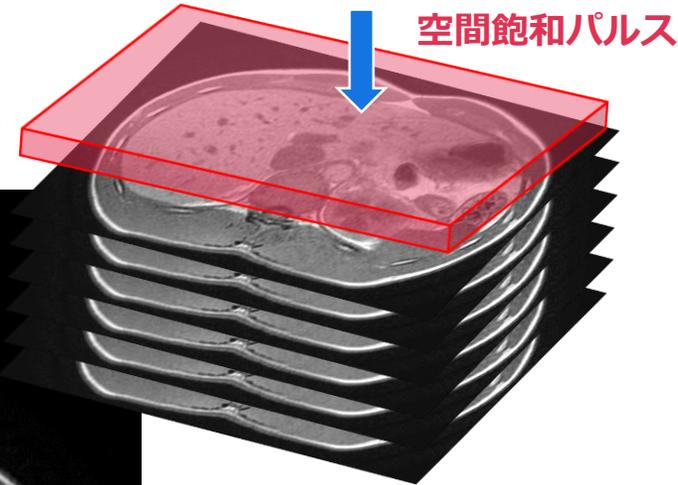


# 空間飽和パルス

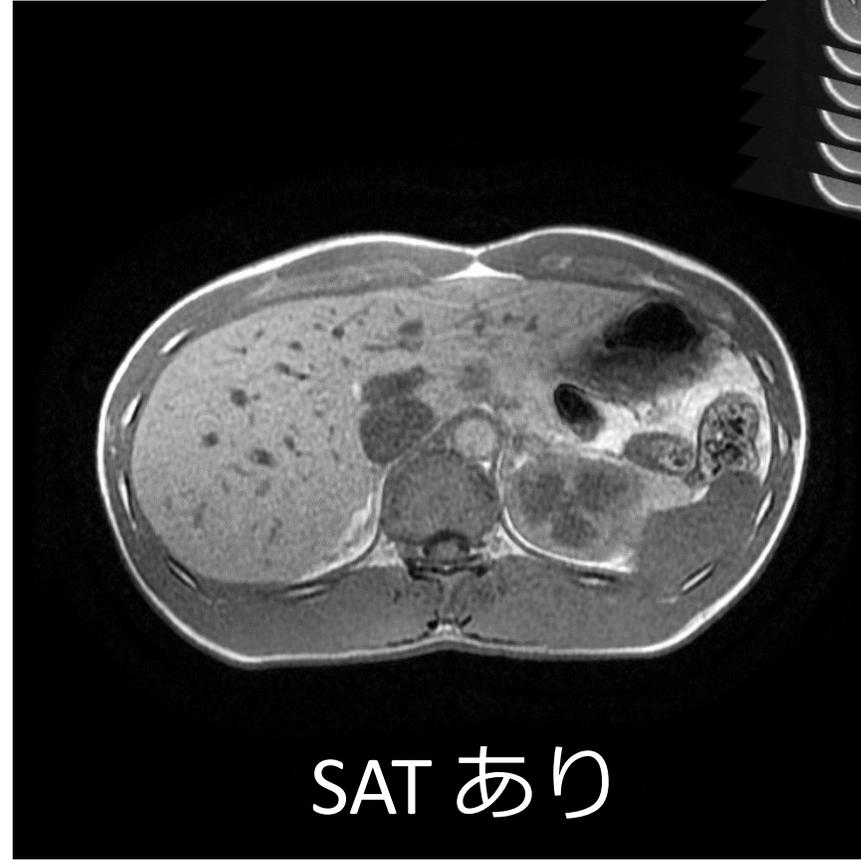
- GRE法はin flow効果で高信号になりやすい
  - ゴーストが目立ちやすい

撮像面に流入する血液信号を上流側で消す。

撮像面外にSATをうつ



SAT なし



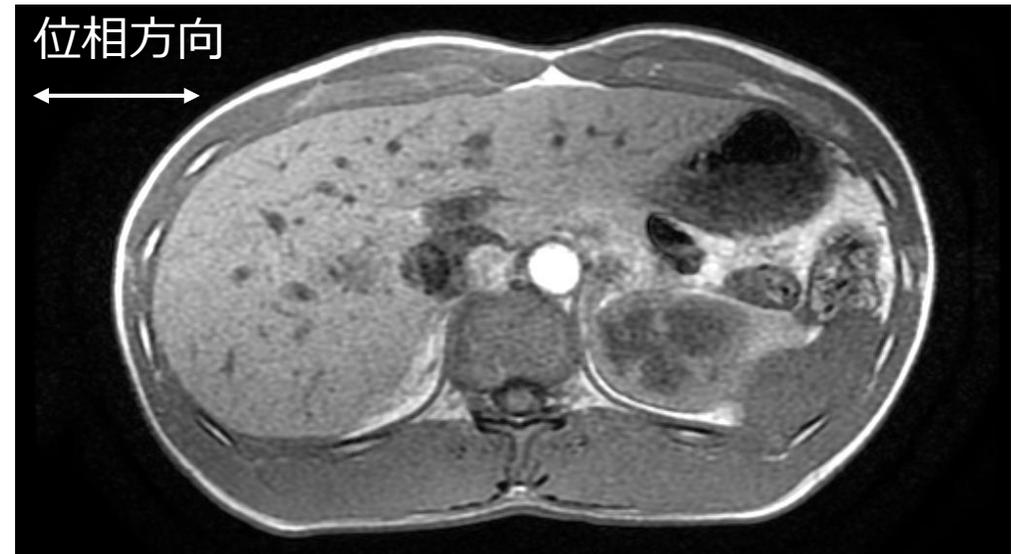
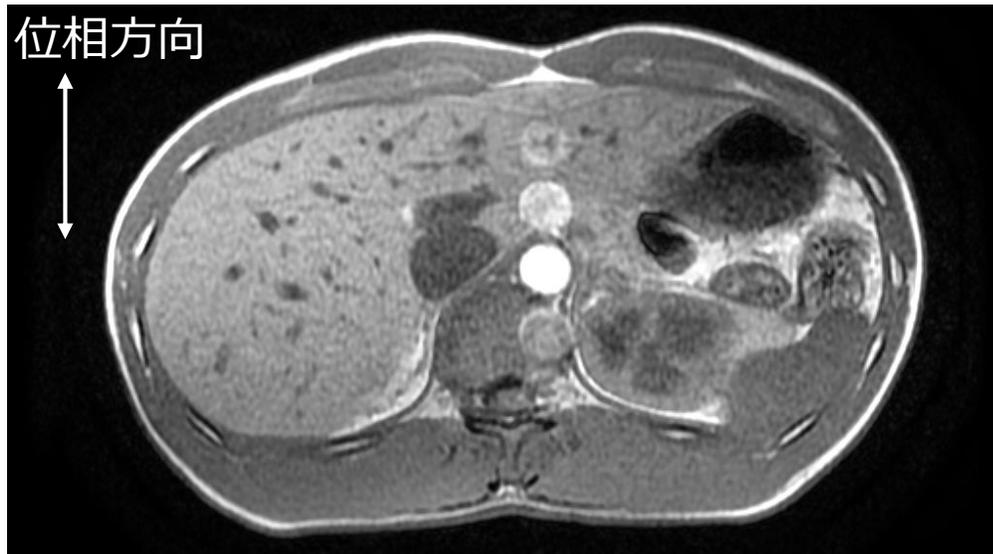
SAT あり

空間飽和パルス (SAT) によってアーチファクト発生源を低信号にする

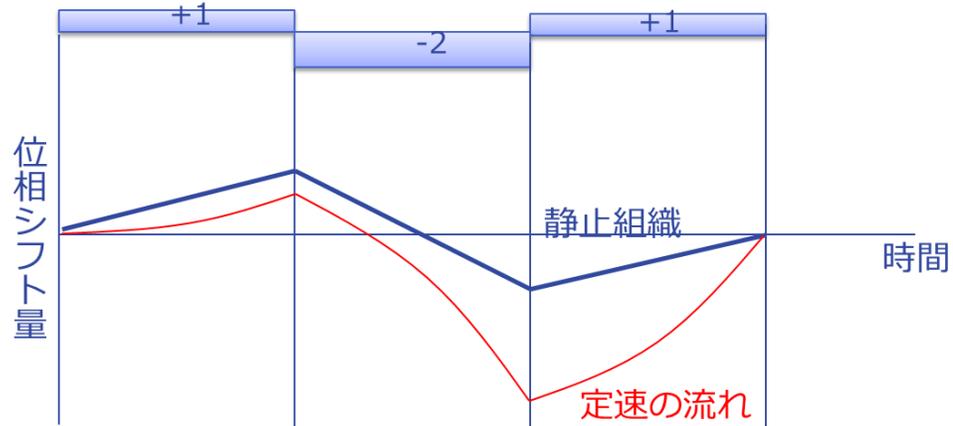


# SWAP

画像の位相方向と周波数方向を入れ替えて**アーチファクトの発生方向を変える**

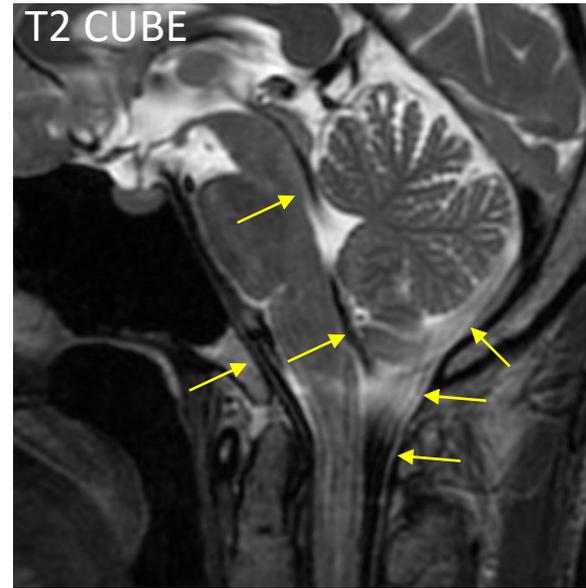


# 流速補正法

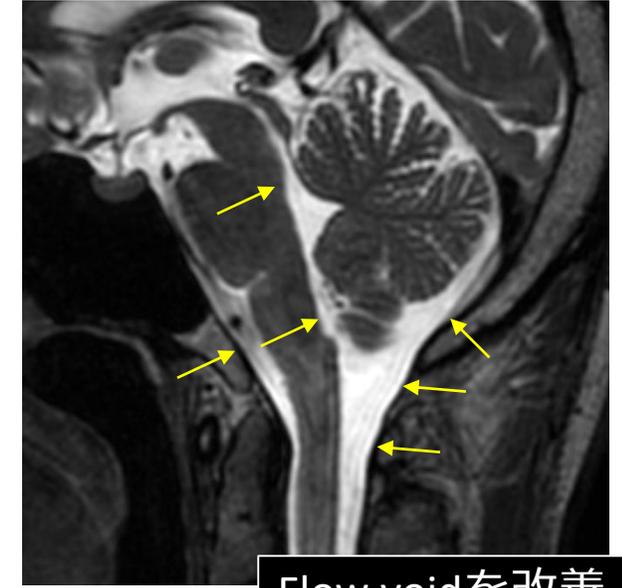


読み取り用傾斜磁場の印可の仕方を工夫して、**流れによる位相シフトを相殺**する。

流速補正なし



流速補正あり



Flow voidを改善

掲載不可

# Flowアーチファクトの抑制

## 基礎編

1. 空間飽和パルス
2. SWAP
3. 流速補正

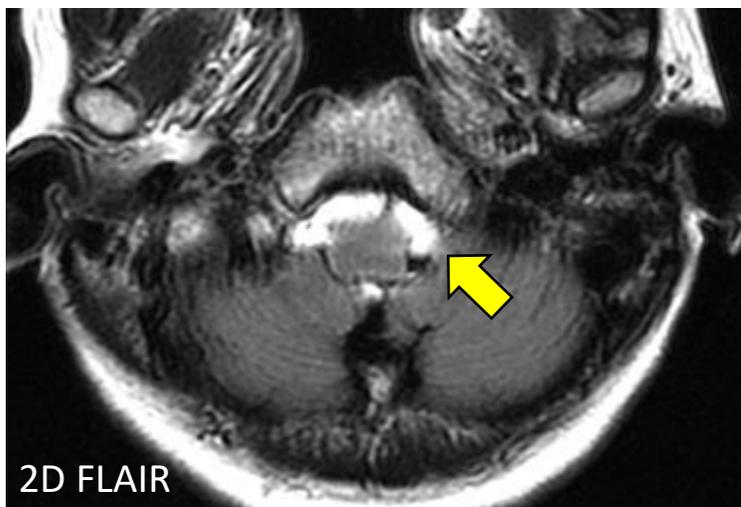
## 応用編

Pulse Sequenceの選択

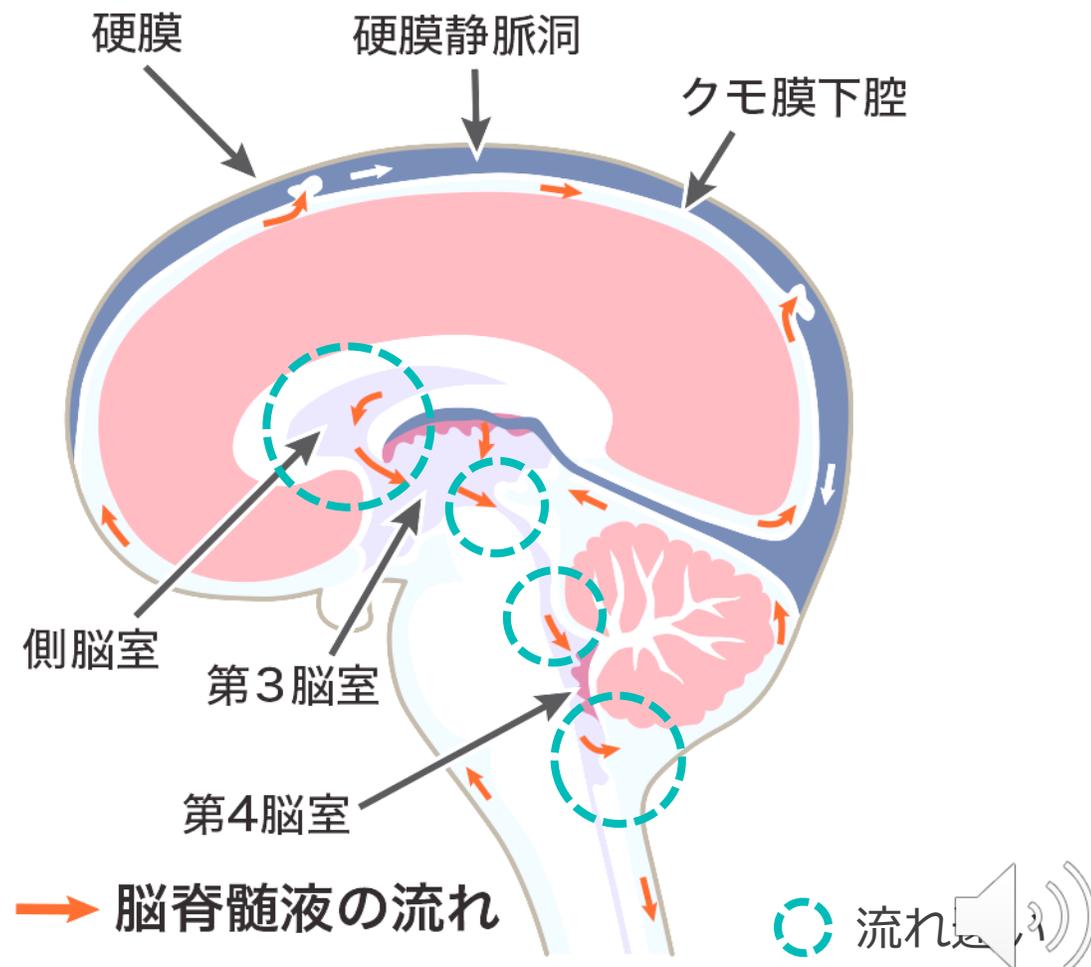


# CSFのFlowアーチファクト : FLAIR

IRパルスを受けていない CSF がスライス面に流入することで発生



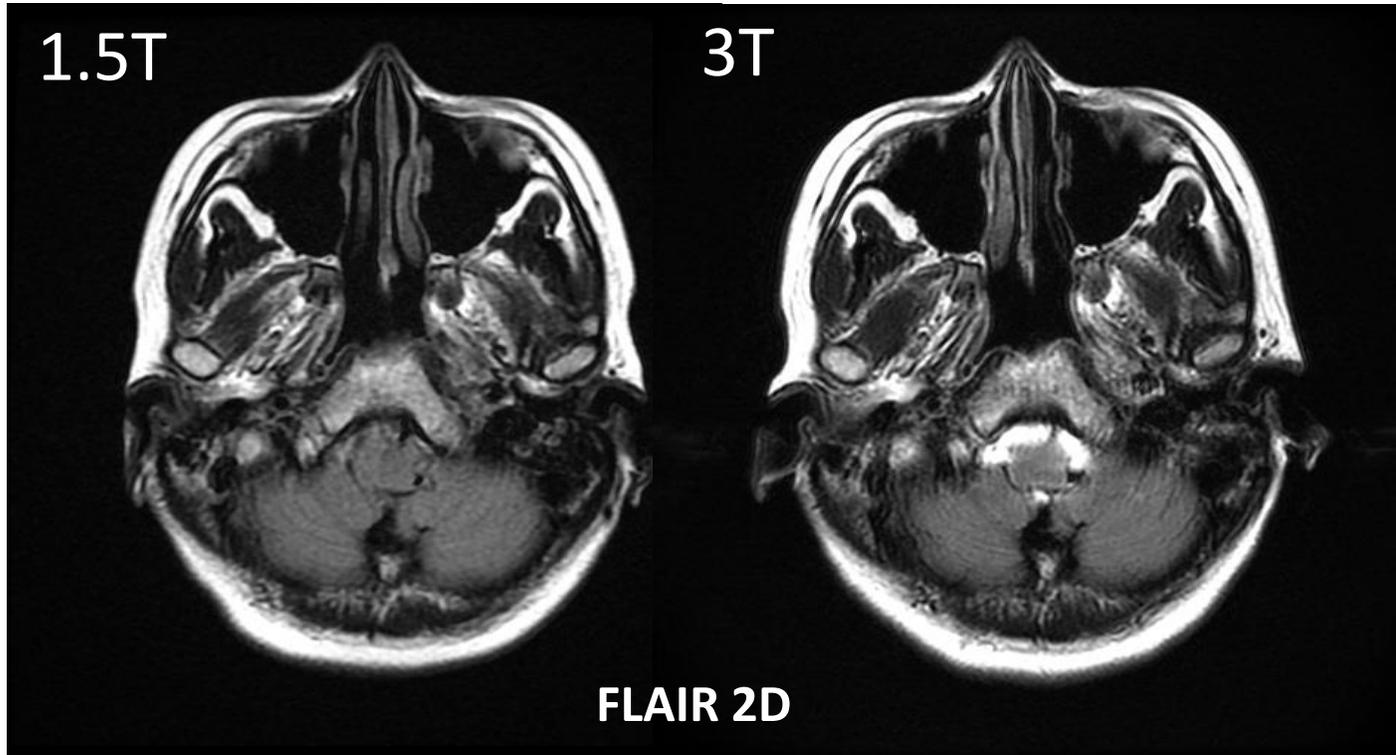
 流れが速い部位で起きやすい



# 後頭蓋のCSFのFlowアーチファクトは1.5T < 3T

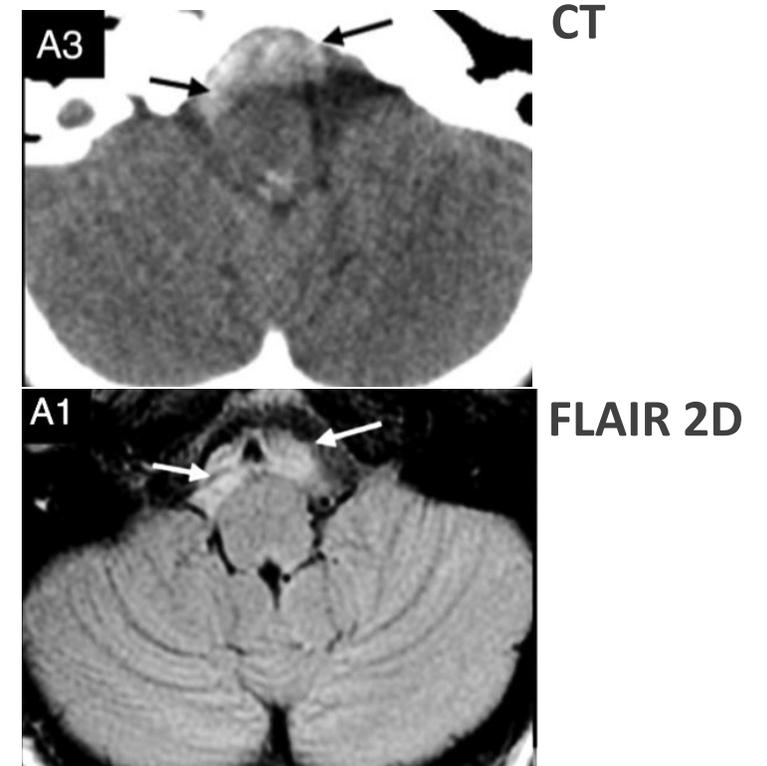
*Clin Imaging.2014;38:85-90.*

当院症例) CSFのFlowアーチファクト



くも膜下出血とまぎらわしい

くも膜下出血の症例



*AJNR Am J Neuroradiol. 2011;32:2054-60*

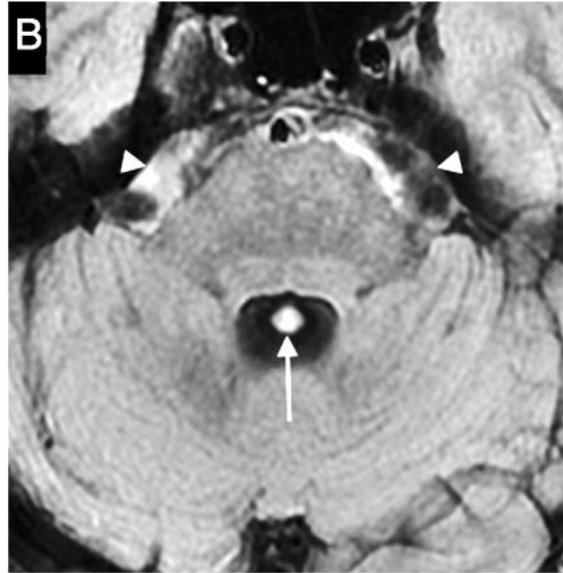


# 3D CUBE\* FLAIRはCSFのFlowアーチファクトがみられない

(\*Variable RFAを用いた3D FSE)



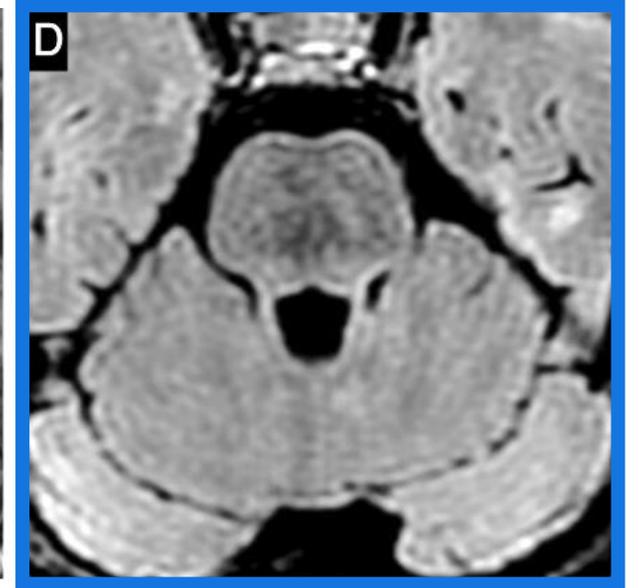
2D 1.5T



2D 3T



PROPELLER 3T



3D CUBE 3T

くも膜下出血の診断では、CUBE FLAIRの感度・特異度は100%



# こんなときもFlow voidしやすいSequenceが良さそう

症例) 肺腺癌 小脳髄膜播種

小脳回に沿った造影効果を認める。

掲載不可

Gd T1 2D SE

血管からのFlowアーチファクトと  
造影効果が判別しにくい

Gd T1 3D FSE (CUBE)

Flowアーチファクトが少ないため  
造影効果がわかりやすい



# CSFのFlowアーチファクト : T2WI

第3脳室底開窓術後

術前

掲載不可

T2 CUBE (3D FSE)

Balanced Sequence

Balanced Sequence

Flow voidしないSequenceを考慮



# 流れによるモーションアーチファクト対策：まとめ

## ➤ アーチファクト抑制の基本

空間飽和パルスや流速補正法を使用して、アーチファクトを軽減させる

## ➤ Pulse Sequenceの選択

Pulse Sequenceの特徴を理解し、

**アーチファクトと病変を鑑別**するための**次の一手**となるものを

適切に選択する。



# まとめ

モーションアーチファクトの少ない画像を撮るために

1. アーチファクトの特徴を理解し、未然に防ぐことが重要
2. 空間飽和パルスを使いこなす
3. 呼吸の振幅は小さめに（呼吸同期撮像でも）
4. 必要に応じて適切なSequenceの選択を
5. 簡単にあきらめない（患者や装置のせいにならない）



ありがとうございました

