

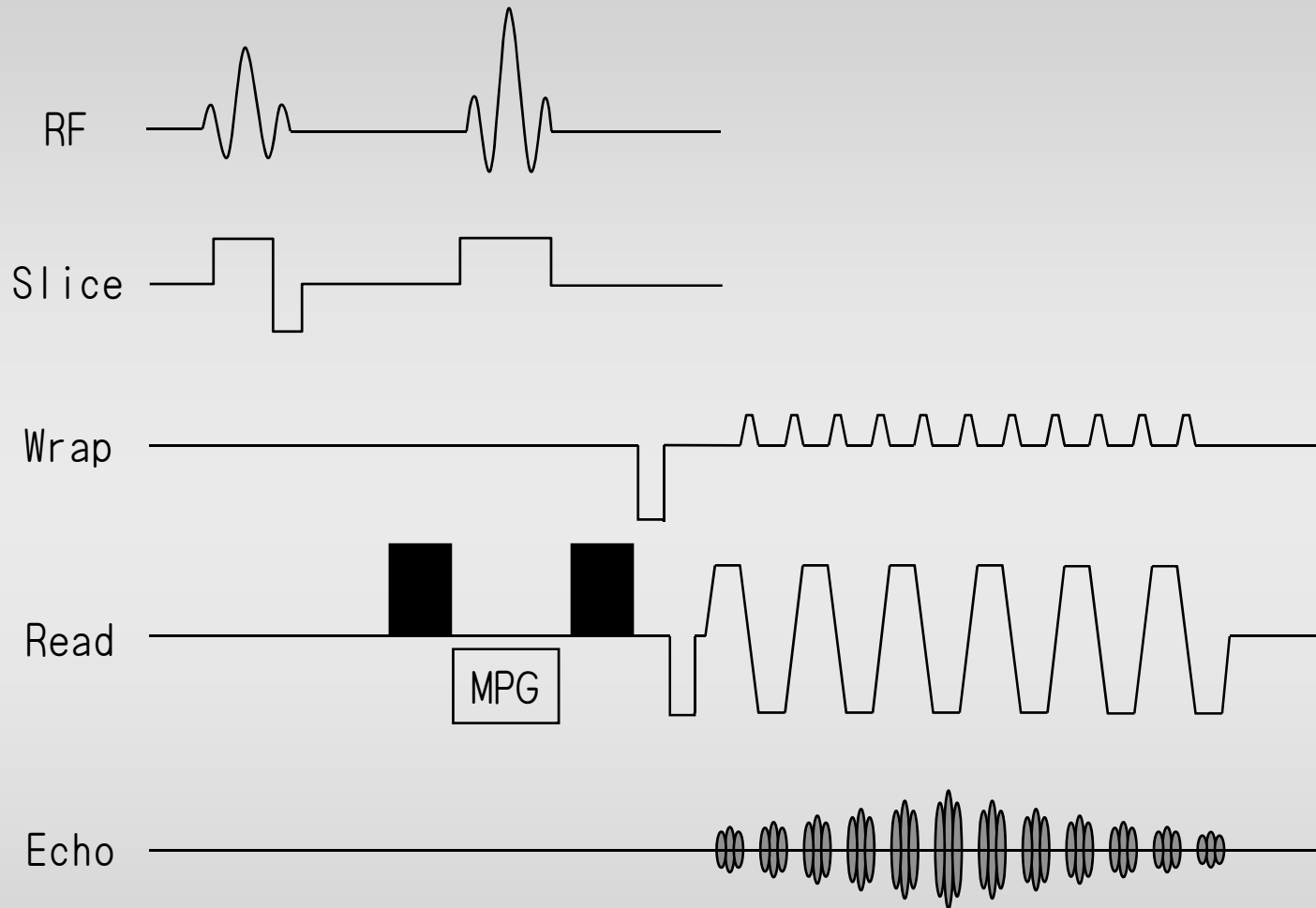
「EPIシーケンスにおける歪み対策」 ー歪みの原理と各社装置のパラメータを熟知するー

(財)長野市保健医療公社 長野市民病院
信州大学医学部附属病院
長野県MR研究会 Ⅱ

小林 正人
愛多地 康雄



Single Shot SE-EPI Diffusion



Single shot SE-EPI diffusion のシーケンスチャート

Gradient Waveform of the EPI module

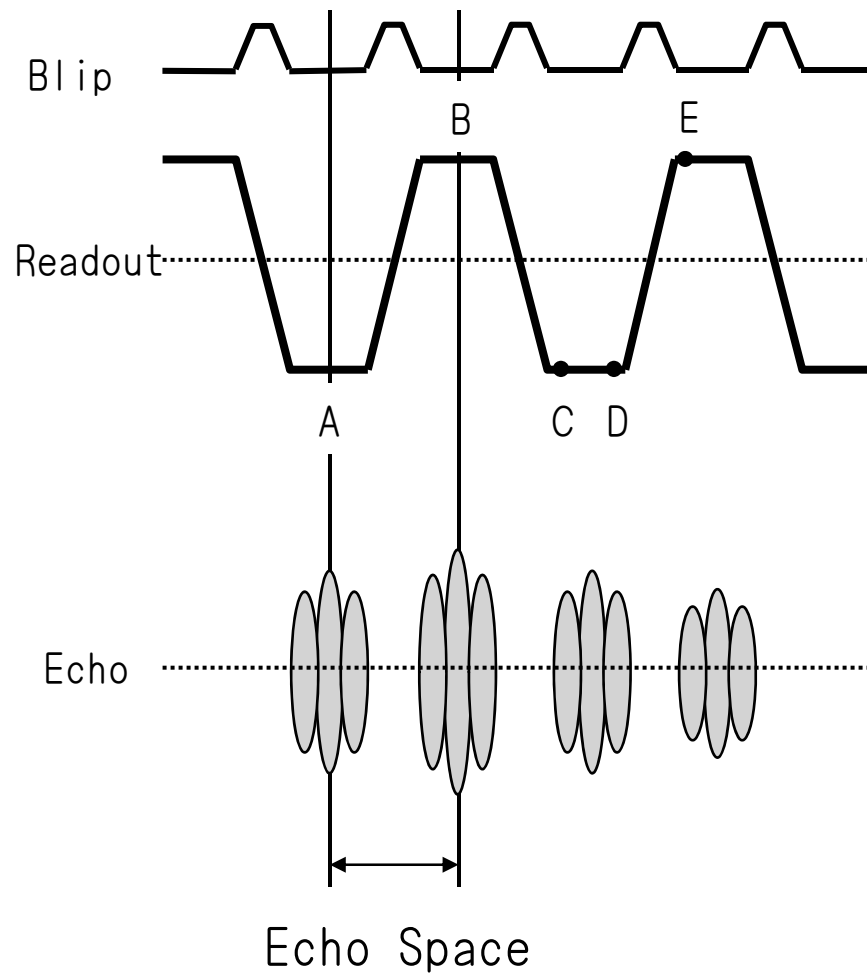
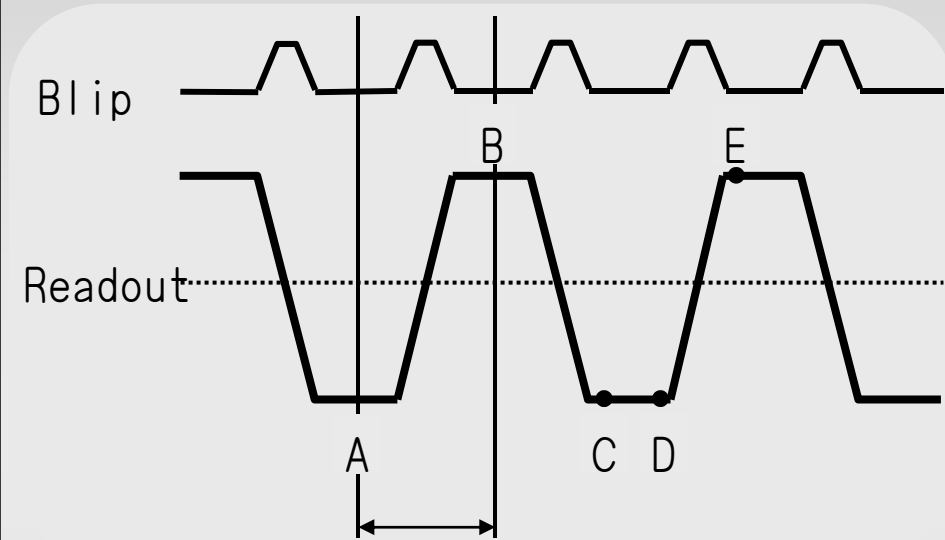
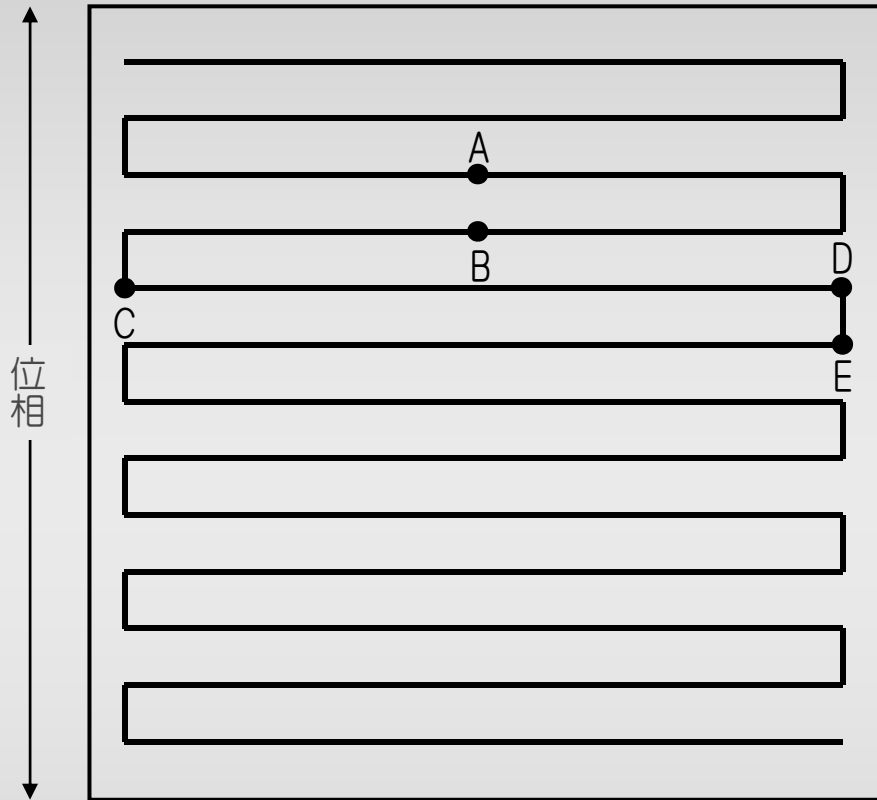
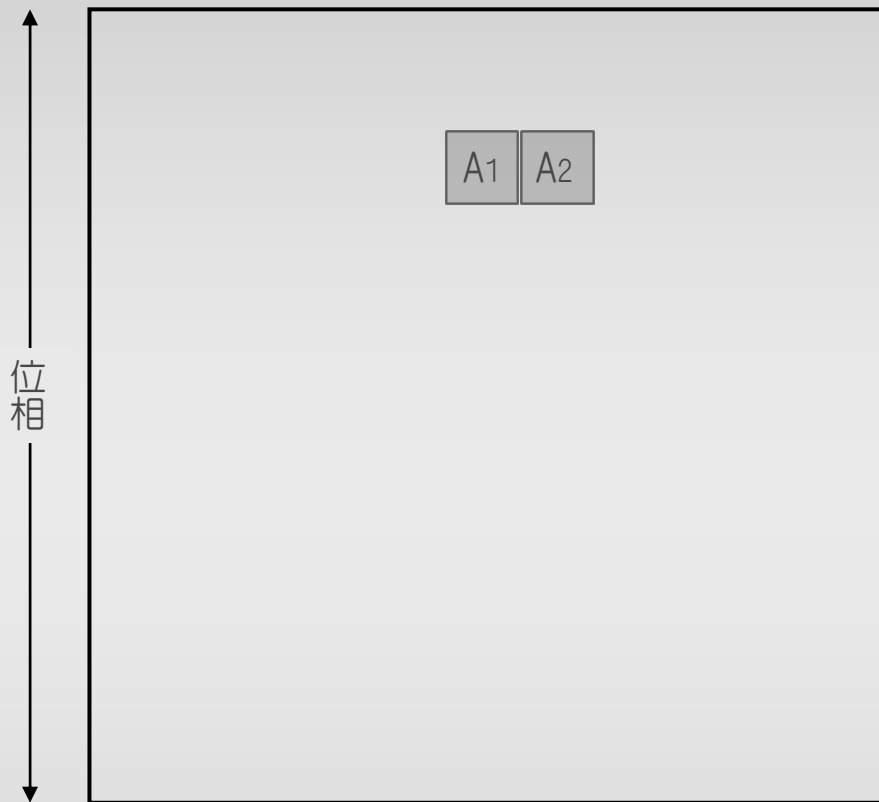


Fig. 1 EPIモジュールの勾配磁場

k-space trajectory

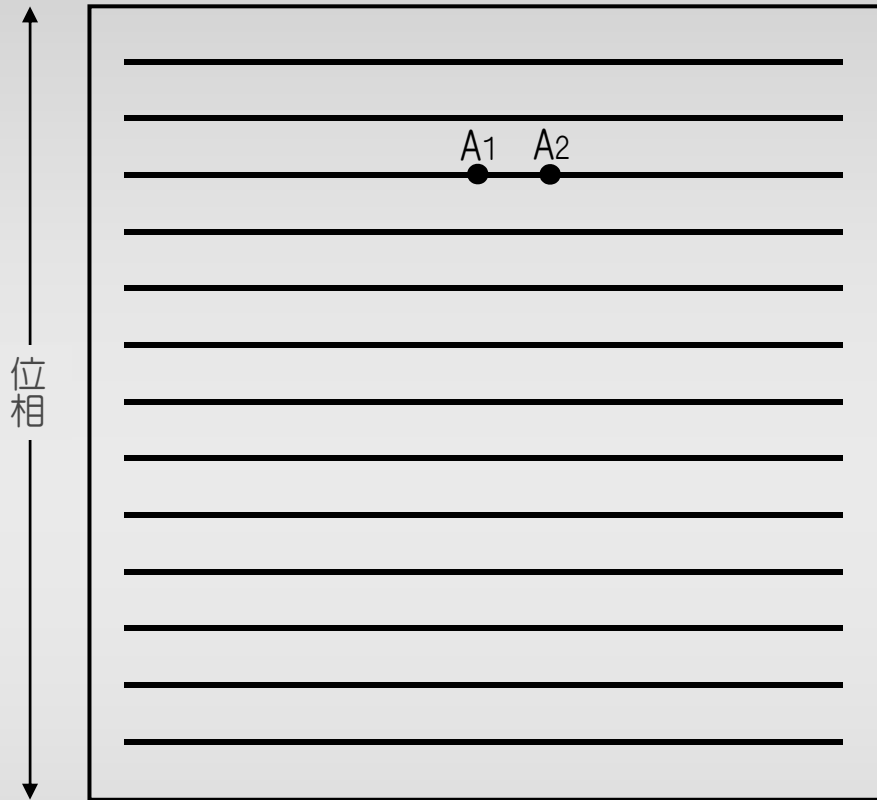


magnitude image



Spine Echo

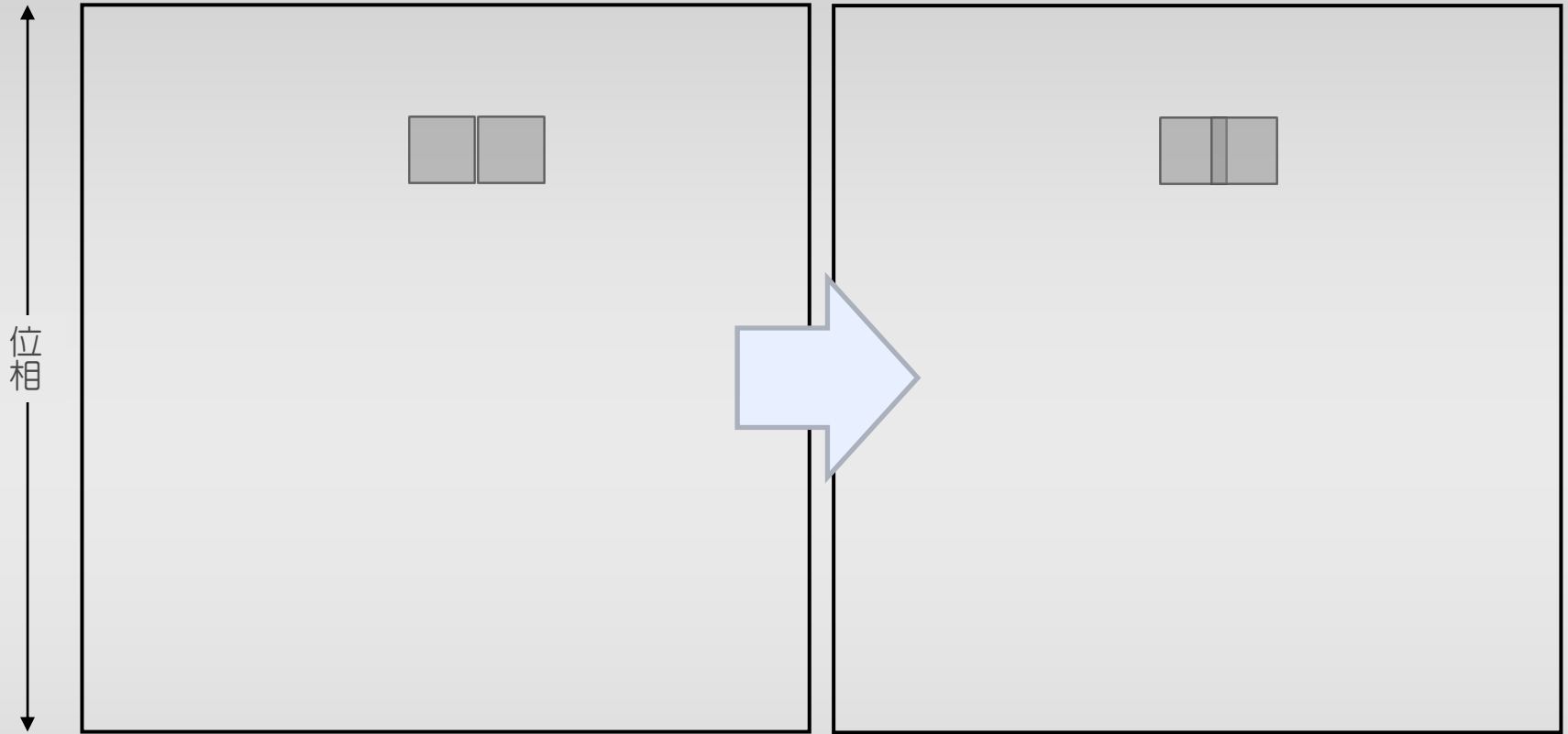
k-space trajectory



静止している物質では位相エンコードによる位相ずれは生じない

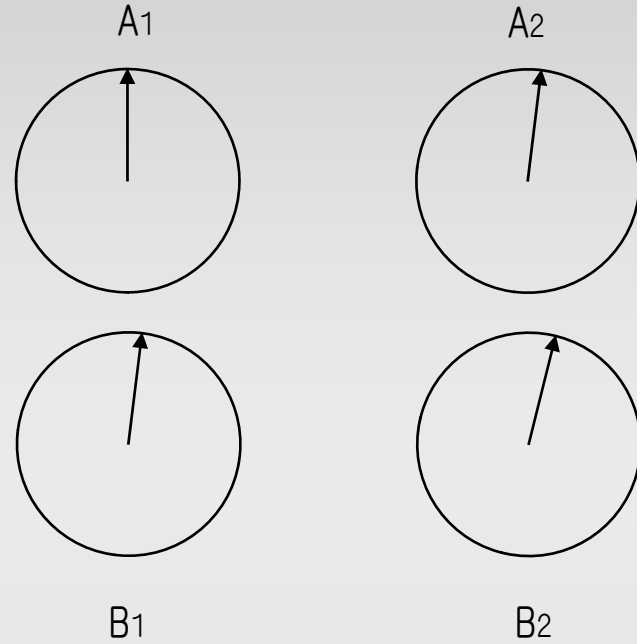
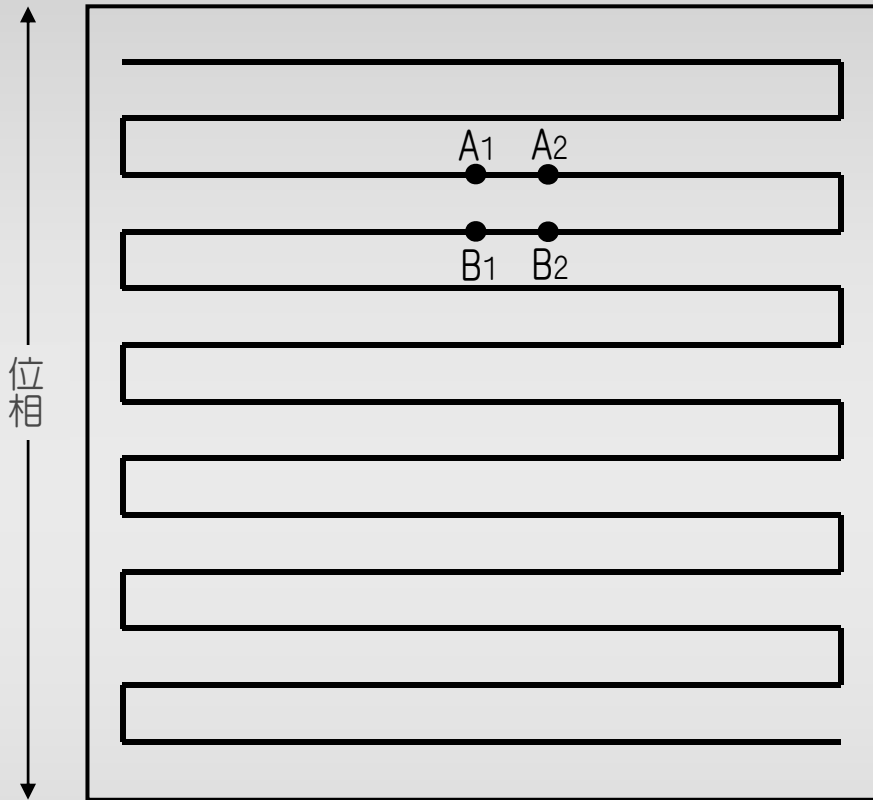
Spine Echo

magnitude image



EPI

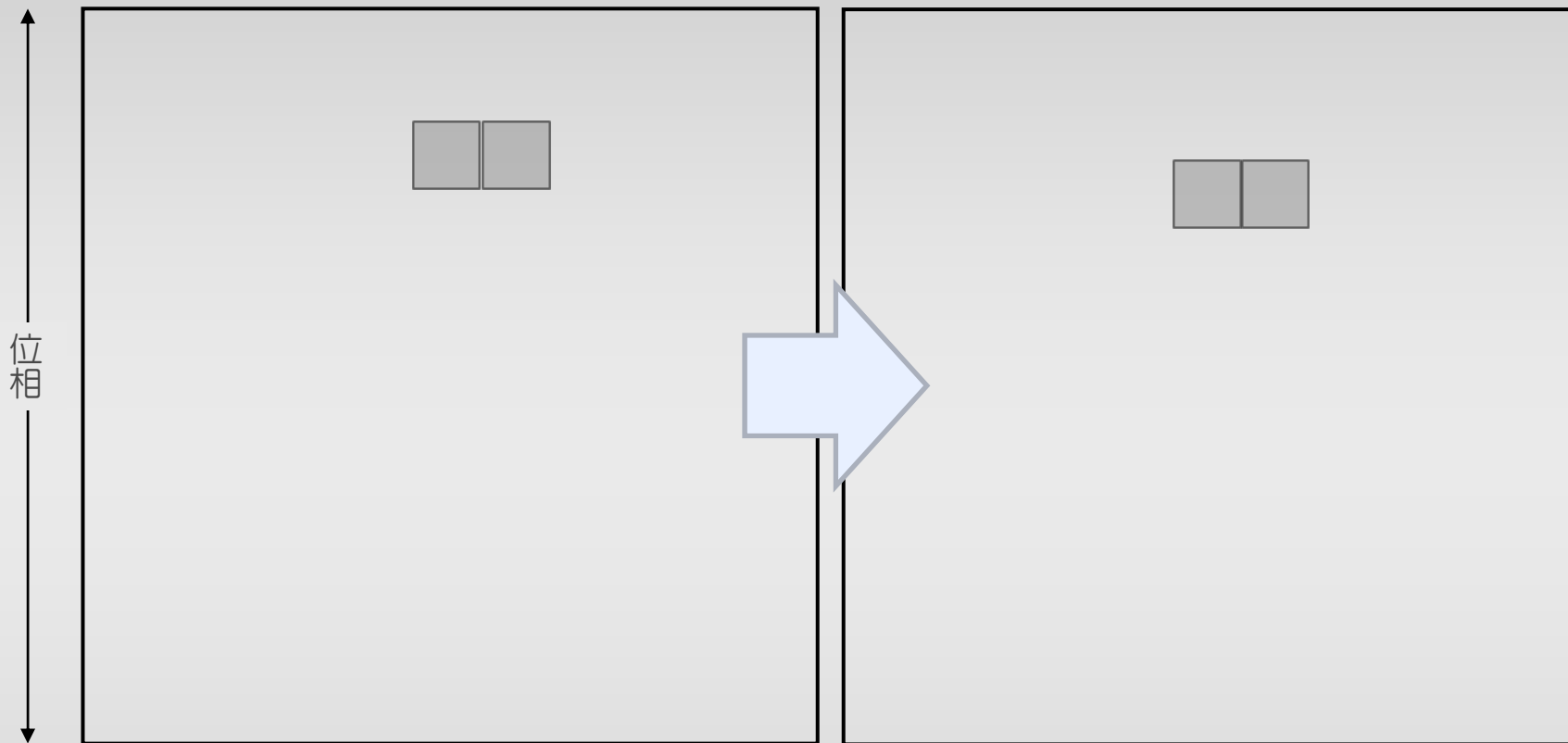
k-space trajectory



均質な物質で磁場不均一が全く無いと仮定すると、位相方向へ全体がシフト

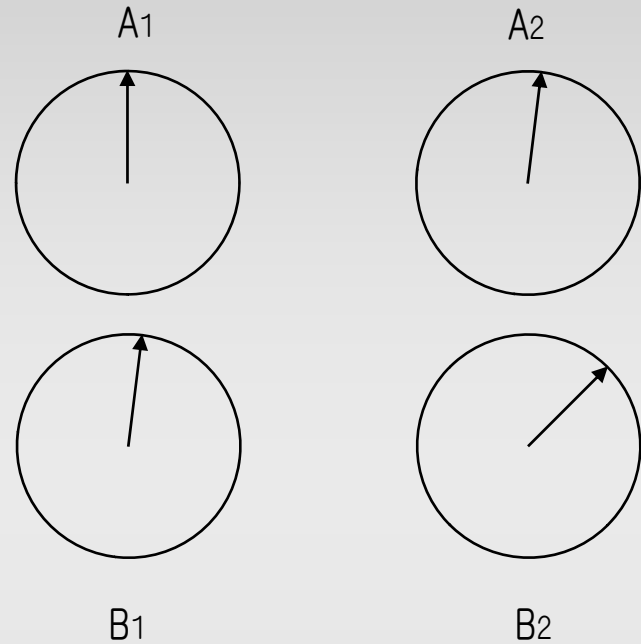
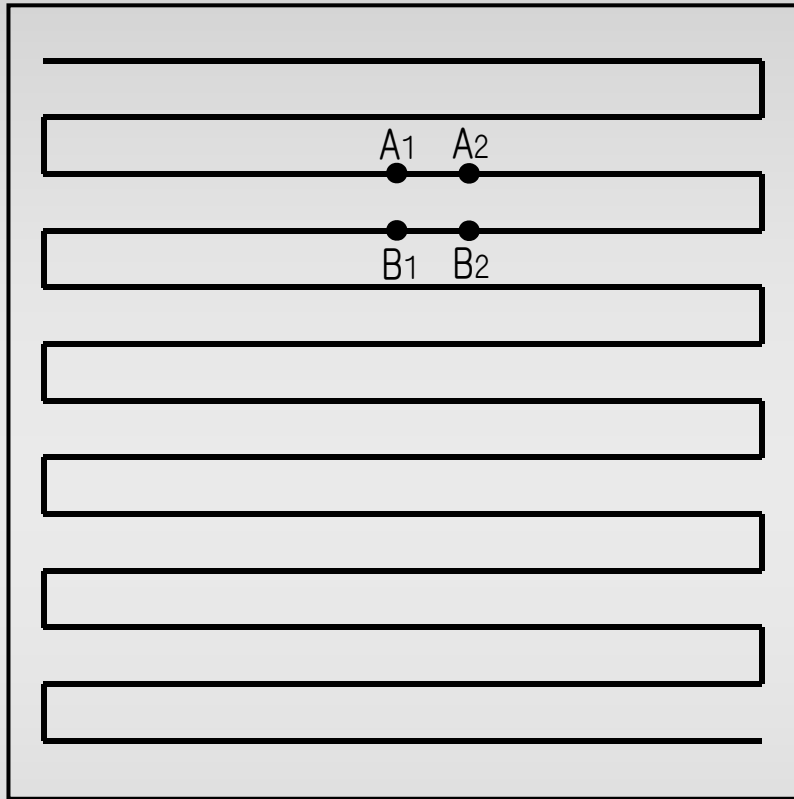
EPI

magnitude image



EPI

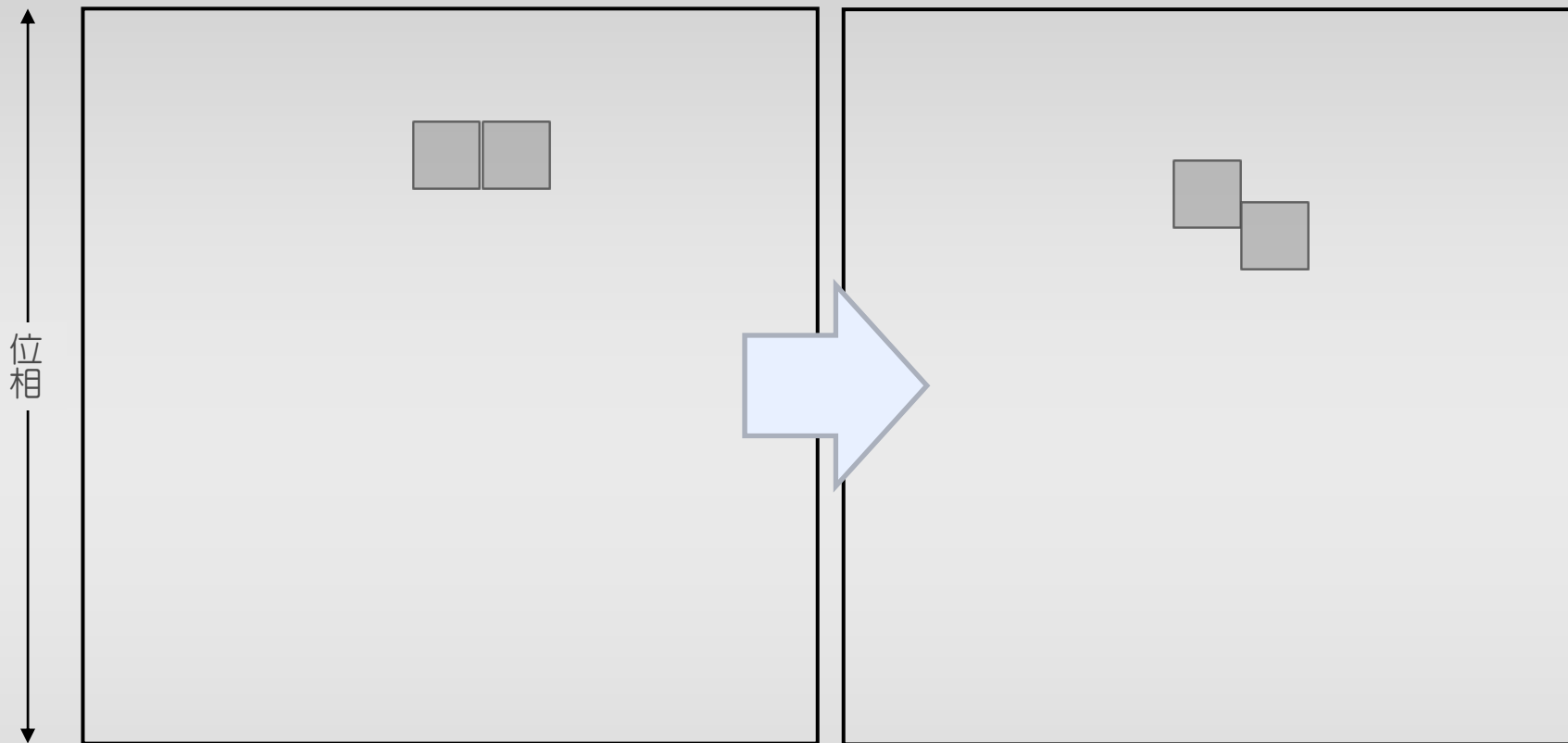
k-space trajectory



磁場不均一や、組織の結合状態による共鳴周波数差が位相の乱れとなり、化学シフトを誘発

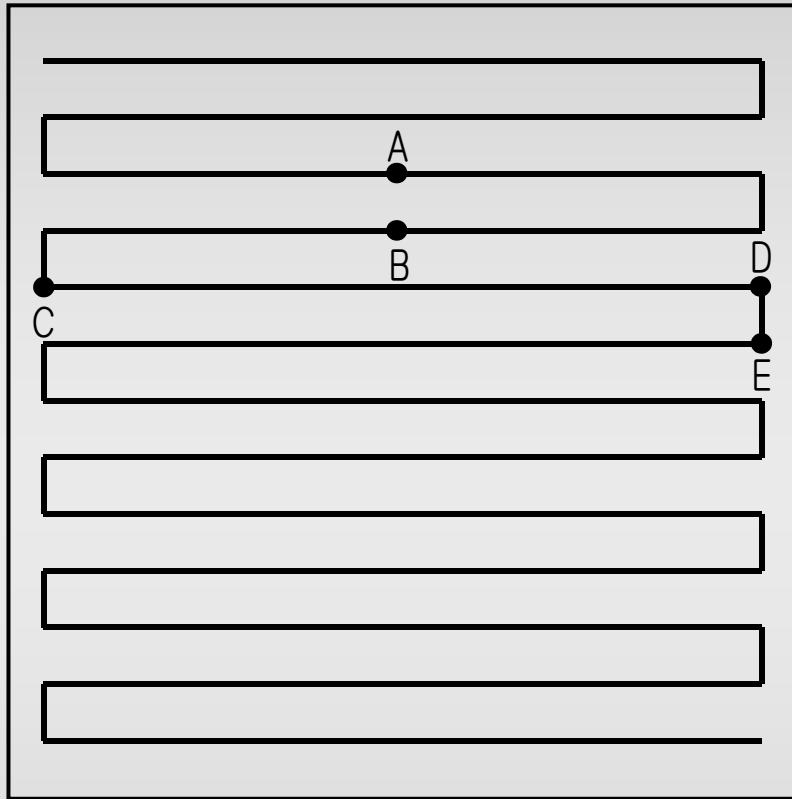
EPI

magnitude image



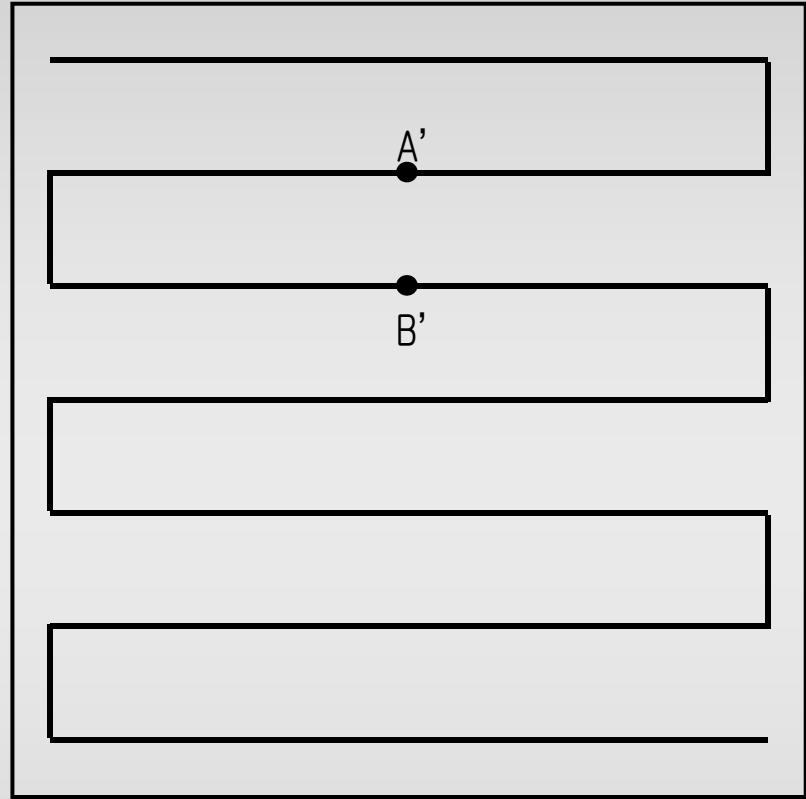
k-space trajectory

a



- ◆ Full scan
- ◆ Half scan (Fractional NEX)
- ◆ Rectangular Pixel

b



- ◆ Parallel imaging (Reduction factor)
- ◆ Multi Shots
- ◆ Rectangular FOV (Phase FOV)

Fig. 2 EPI における k-space の軌道

a) Full scan, Half scan, Rectangular Pixel

b) Parallel imaging, Multi Shots, Rectangular FOV

式

$$\text{Pixel Distortion} = \text{dFB(Hz)} / \text{pBW (Hz/pixel)} \dots\dots\dots (1)$$

dFB: difference in frequency band (周波数帯域の差)

pBW: phase bandwidth (位相方向1pixelあたりの周波数帯域幅)

$$\text{pBW (Hz/pixel)} = \text{bBW} \times \frac{\text{Rf} \times \text{nShot}}{\text{rFOV}} \dots\dots\dots (2)$$

bBW: Base bandwidth (元になる位相方向1lineあたりの周波数帯域幅)

Rf: Reduction factor (Parallel imaging)

nShot: number of Shot (EPIのshot数)

rFOV: rectangular FOV (phase FOV)

$$\text{bBW (Hz/pixel)} = 1 / (\text{ESP} \times \text{Phase matrix}) \dots\dots\dots (3)$$

ESP: Echo Space

$$\text{Pixel Distortion} = \text{dFB(Hz)} \times \frac{\text{ESP} \times \text{Phase matrix} \times \text{rFOV}}{\text{Rf} \times \text{nShot}} \dots\dots\dots (4)$$

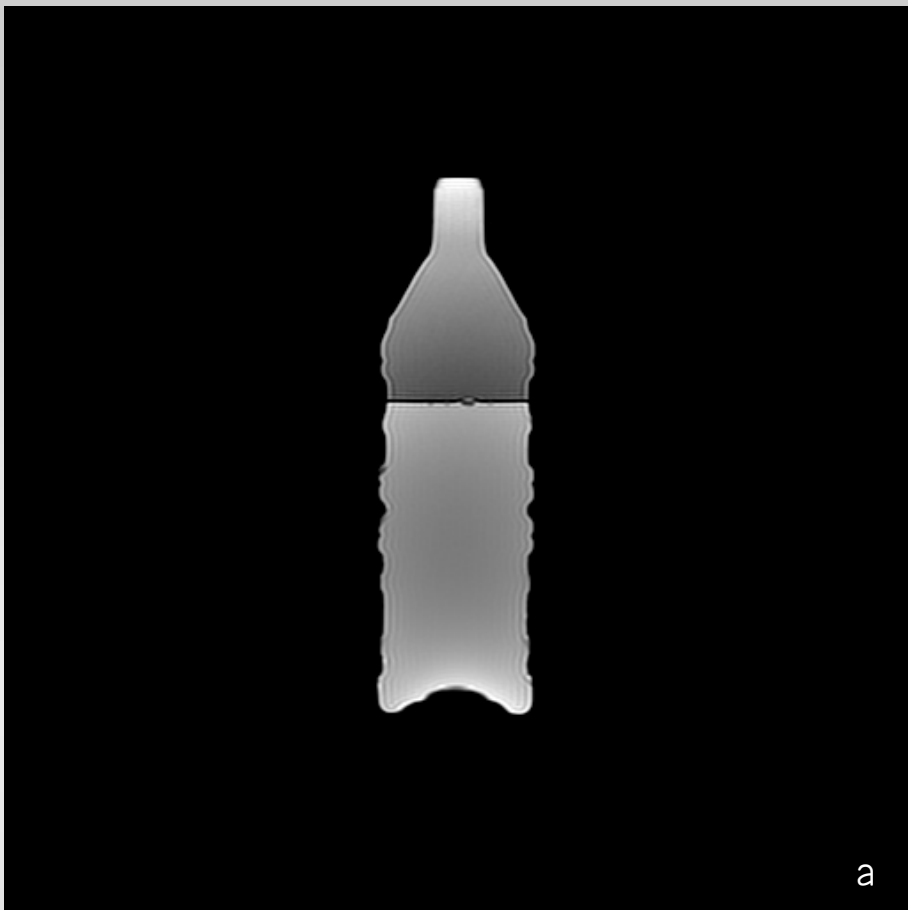
$$\text{Distortion (mm)} = \text{Pixel Distortion} \times (\text{FOV} / \text{Phase matrix}) \dots\dots\dots (5)$$

$$= \text{dFB(Hz)} \times \frac{\text{FOV} \times \text{ESP} \times \text{Phase matrix} \times \text{rFOV}}{\text{Phase matrix} \times \text{Rf} \times \text{nShot}} \dots\dots\dots (6)$$

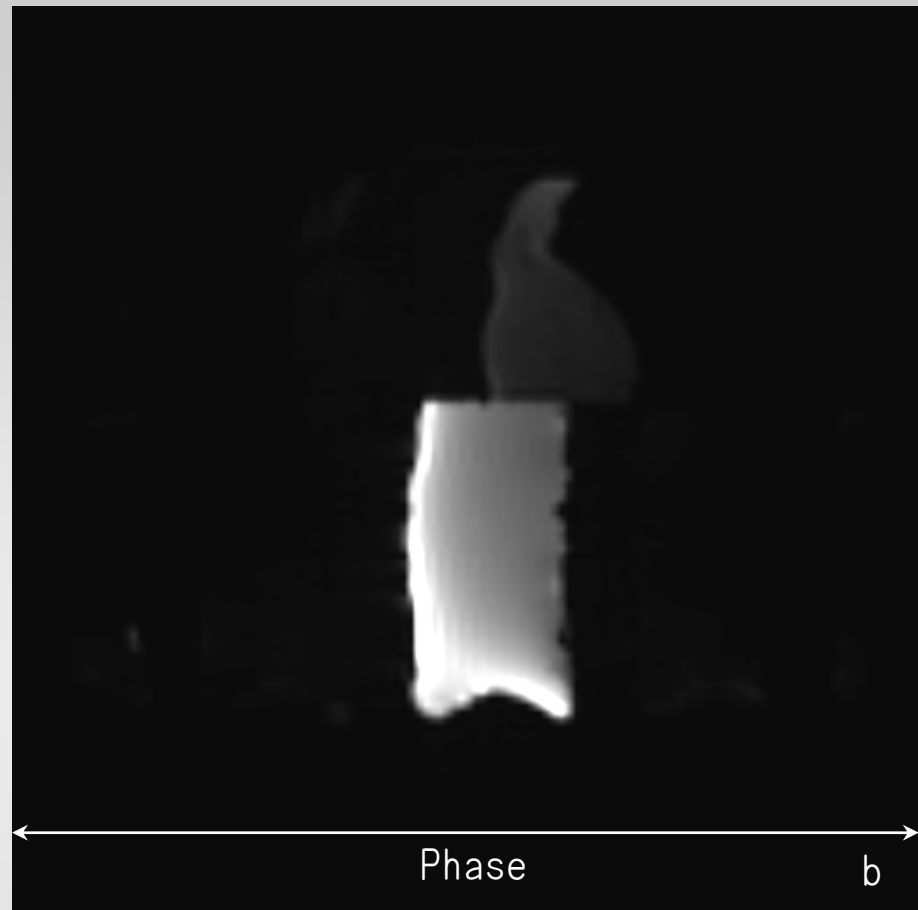
$$= \text{dFB(Hz)} \times \underline{\text{FOV} \times \text{ESP}} \times \frac{\text{rFOV}}{\text{Rf} \times \text{nShot}} \dots\dots\dots (7)$$

EPI distortion Reduction factor

$$\text{FOV} \times \text{ESP} \times \frac{\text{rFOV}}{\text{Rf} \times \text{nShot}} \quad \text{歪み係数}$$



FSE



EPI

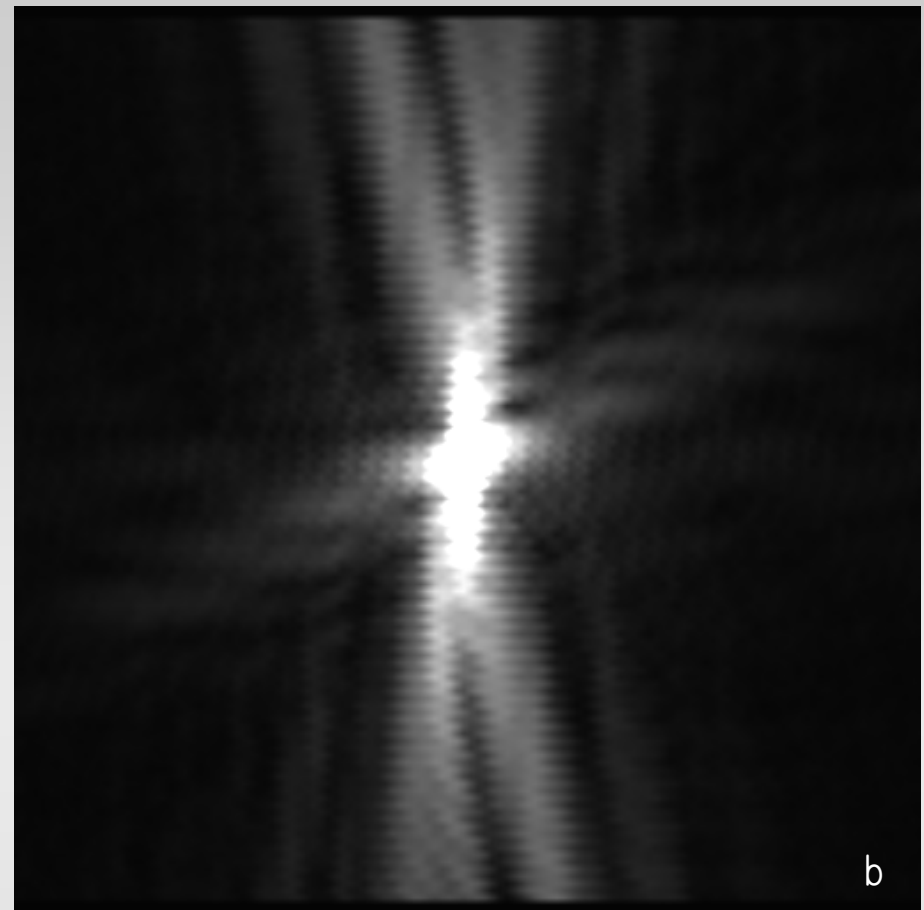


Fig. 3a magnitude image (SE-EPI)

FOV 350mm

ESP 688 μ s

F128 \times P128

Full Scan

rFOV 1.0

Rf 1.0

nShot 1

Frequency BW 3125.00Hz/pixel

Fig. 3b raw data image

設定変更による化学シフト量の変化を比較する際、基準とした設定。化学シフトは53mm

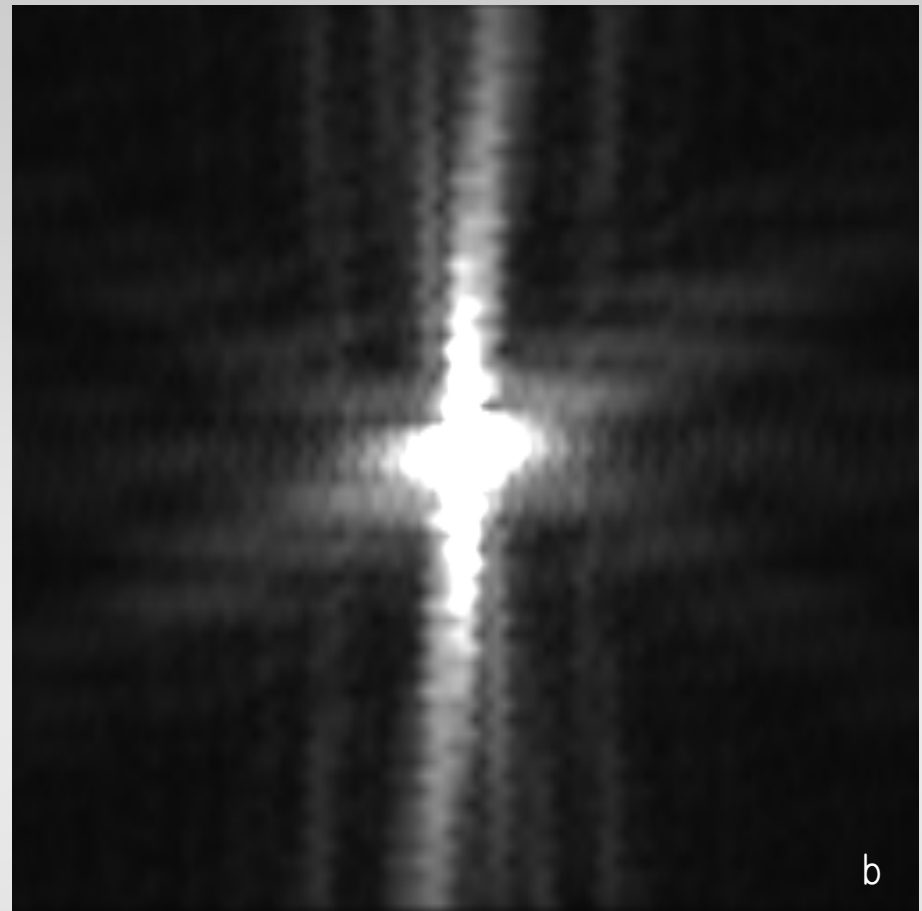
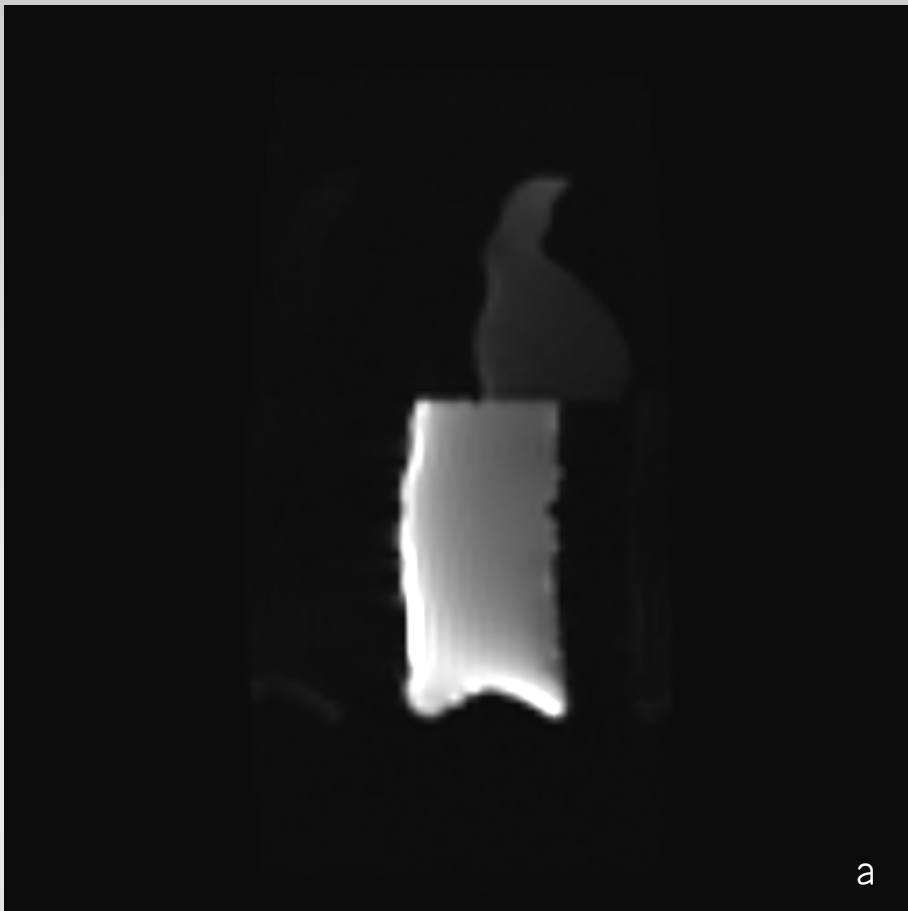


Fig. 4a magnitude image (SE-EPI)

FOV 350mm

ESP 688 μ s

F128 \times P128

Full Scan

rFOV 0.5

Rf 1.0

nShot 1

Frequency BW 3125.00Hz/pixel

Fig. 4b raw data image

Rectangular FOV 0.5 に設定。化学シフトは26.5mm

プロトコルの作成

まず、歪みの一番小さくなる設定で画像を確認し、そこからカスタマイズしてベースとなるプロトコルを作成しましょう。



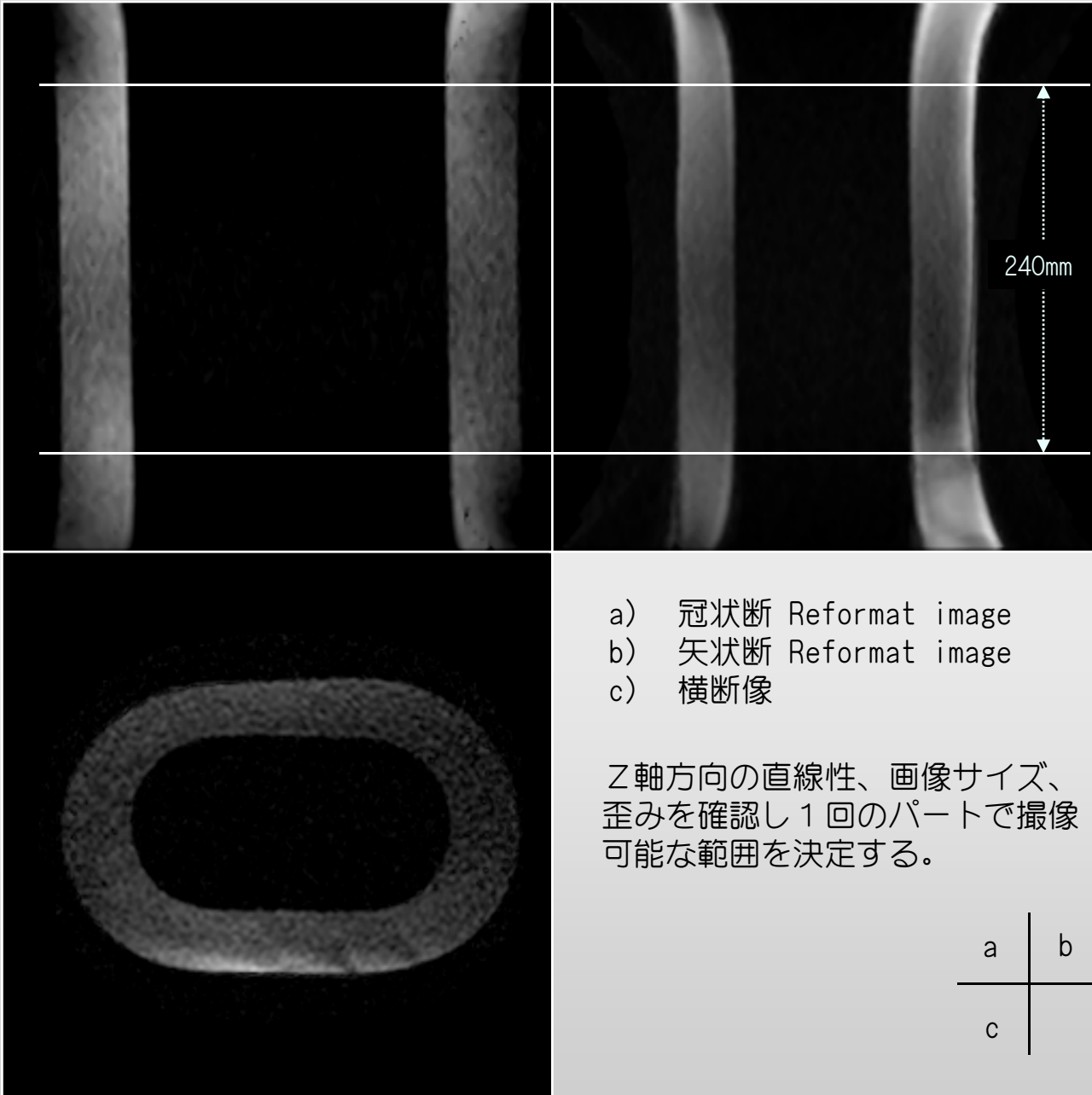
FOV 350mm
 rFOV 1.0

ESP 568 μ s
 Rf 2.0

F128×P128
 nShot 1

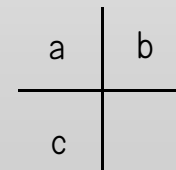
Half Scan
 Frequency BW 3906.25Hz/pixel

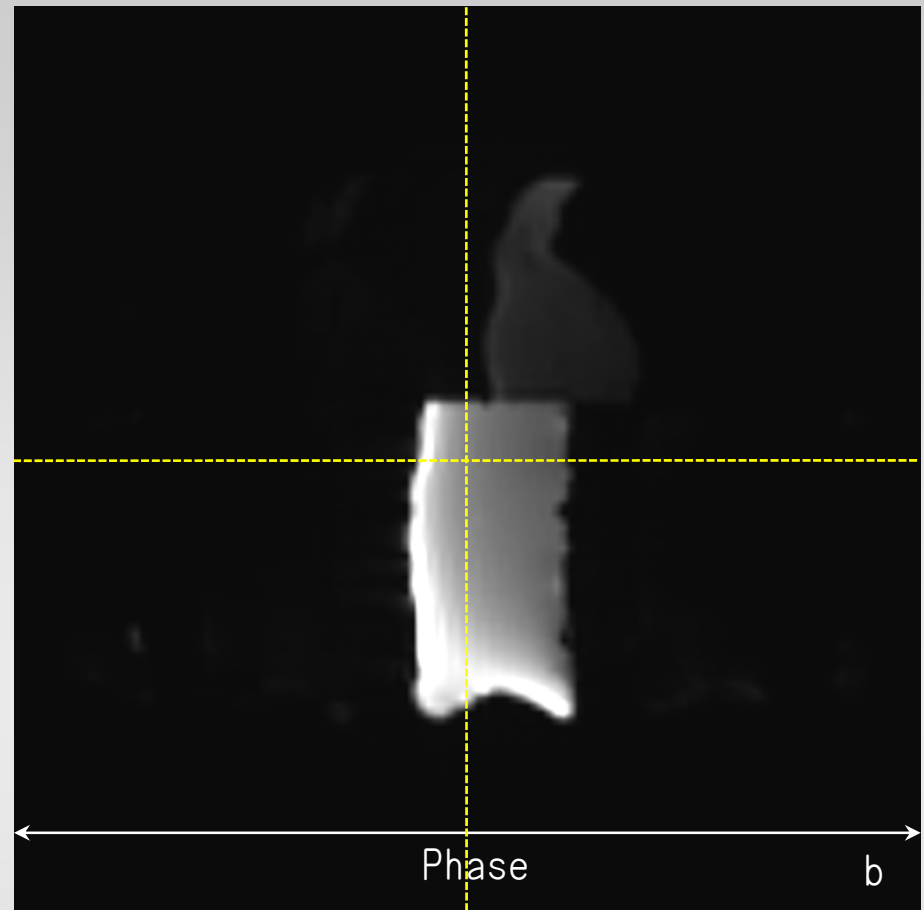
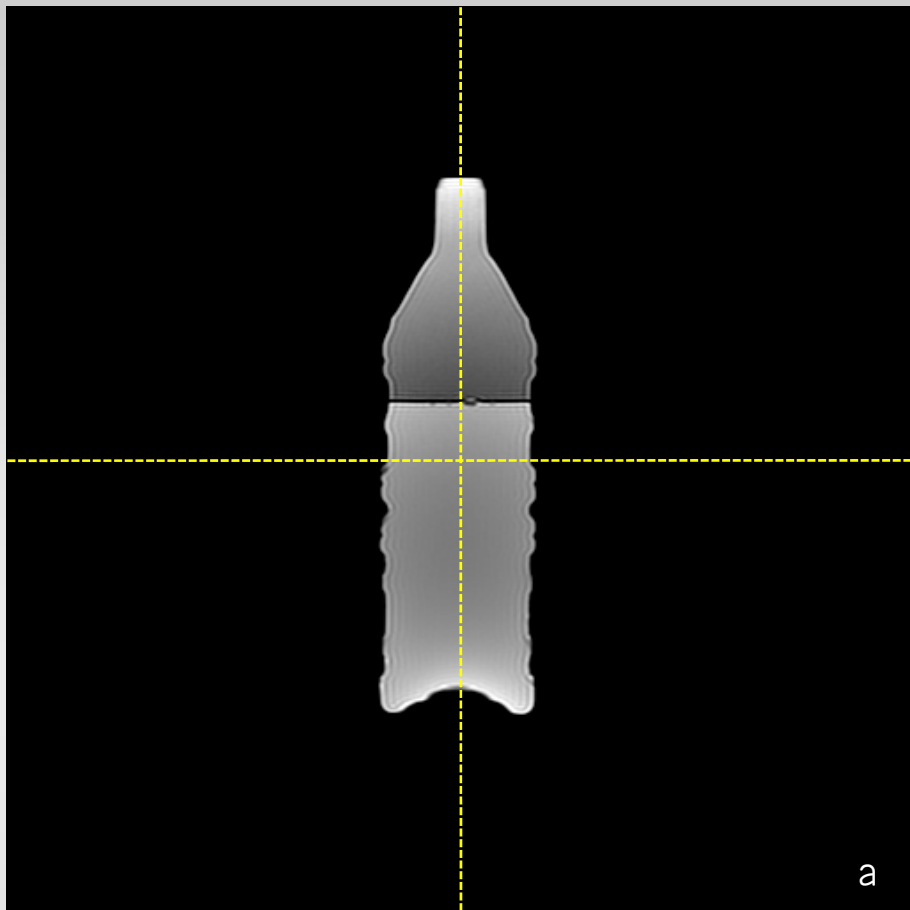
ベースとなる拡散強調画像撮像プロトコル。水と脂肪の化学シフトは21.9mm



- a) 冠状断 Reformat image
- b) 矢状断 Reformat image
- c) 横断像

Z軸方向の直線性、画像サイズ、歪みを確認し1回のパートで撮像可能な範囲を決定する。





撮像位置を決定する際、位相方向は当てにならない