

■ パラレルイメージングの種類

① Physically-based Reconstruction

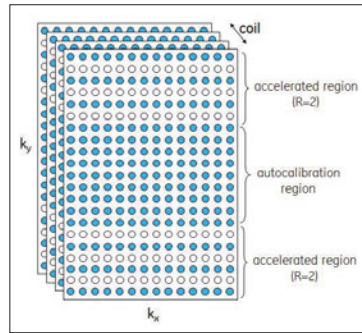
SENSE, mSENSE, SMASH, SPACE RIP, ASSET など

② Data-driven Reconstruction

Auto-SMASH, VD-Auto-SMASH, GRAPPA, ARC など

パラレルイメージングには大きく分けて2種類ある。1つは何らかの方法で受信コイル感度分布を取得して、間引いたデータの推定やイメージの折り返し除去に利用する Physically-based Reconstruction。もう1つは受信コイル感度分布を必要とせず、隣接するデータの関係性を見出して間引いたデータを合成する Data-driven Reconstruction である。ARC は後者の手法である。

k space サンプルングパターンの 1 例



ARC で位相方向に一次元の Acceleration を行う場合の k-space サンプルングパターンの 1 例を示す。青がデータを取得する部分、白が間引く部分である。このように位相エンコード数を減らすことによって Scan 時間を短縮する。

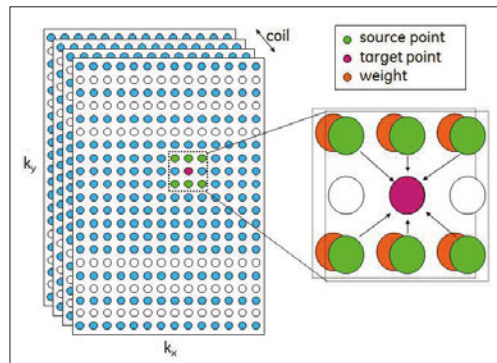
ky 方向の中心部分は **Auto Calibration Region** とよばれ、データを間引くことなくフルサンプルングされる。3D のパルスシーケンスで位相方向とスライス方向共に Acceleration を行うことも可能である。

■ ARC の画像再構成における 2 つのステップ

① Calibration Phase

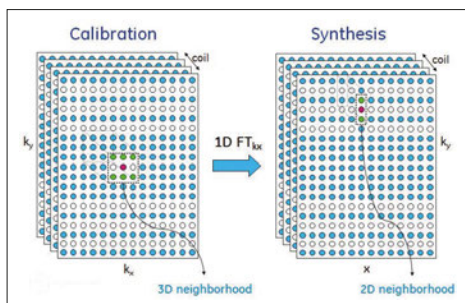
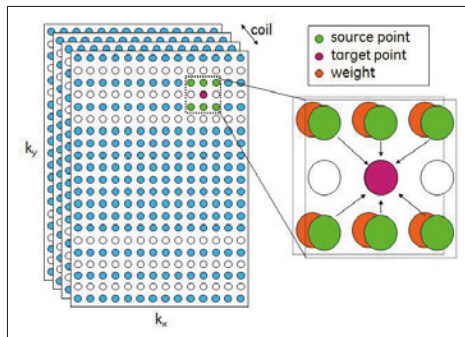
② Synthesis Phase

Calibration Phase



Calibration Phase では、Auto Calibration Region の中のあるデータに着目したときに (**Target Point**)、異なるコイルからのものも含めてその周辺のデータ (**Source Point**) をどのような重み (**Weight**) で組み合わせると Target Point のデータが再現できるかを計算する。

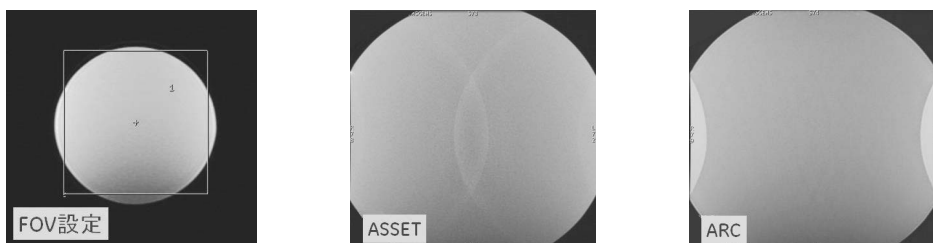
Synthesis Phase



Synthesis Phase では、Accelerated Regionで間引いた部分(Target Point)に着目し、その周辺データ(Source Point)を Calibration Phaseで求めた重み(Weight)を使って組み合わせることで取得しなかったデータを合成する。このようにしてすべてのk-spaceデータを合成した後に通常の画像再構成を行うことで折り返しのない画像を得る。

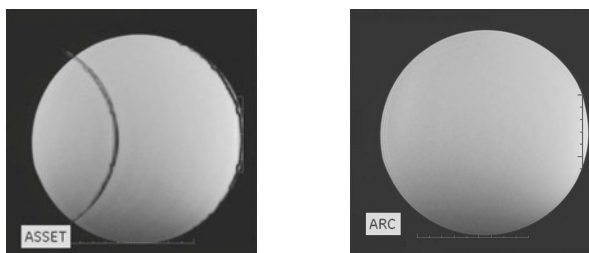
ARCがほかのData-driven Reconstructionと最も異なる点は、**Synthesis Phase**をx方向にだけ一次元フーリエ変換を行ったHybrid空間で実行することである。そうすることにより通常 $[k_x, k_y, \text{coil}]$ の三次元空間で行われるSynthesisが、 $[k_y, \text{coil}]$ の二次元でのSynthesisになり、画質を劣化させることなく計算時間を大幅に削減できる。

ARCで得られる画像の特徴①：Tight FOV



位相方向のFOVを絞ってパラレルイメージングを行う場合、ASSETのようにイメージ空間で折り返しを解く手法を用いると、1つのPixelに重なる信号の数が増えるため、撮像プロトコルやCoilの配置によっては正しく折り返しを除去できずにノイズが残ることがある。ARCのようなData-driven Reconstructionではこうした場合でも「通常の折り返し画像」を再現することができる。

ARCで得られる画像の特徴②：Motion Insensitivity



ASSETは折り返しを解くための受信コイル感度分布を得るためのCalibration Scanを本Scanとは別に行うため、両者の間で被写体が動くとアーチファクトが発生することがある。☒はCalibration Scanの後、意図的にPhantomをイメージの左右方向に動かしてASSETを使用した例である。それに対してARCはAuto calibration regionを本Scan中に取得するため、このようなアーチファクトは生じない。