

3. 逐次再構成および逐次近似再構成の臨床応用 ——基礎を踏まえての臨床応用

桂 正樹 / 赤羽 正章 / 大友 邦 東京大学大学院医学系研究科放射線診断学

近年、逐次近似再構成法やその類縁技術の臨床応用が急速に進んでおり、画質向上や被ばく低減に関する報告も増加の一途をたどっている。本稿では、各種再構成法の特徴やその臨床的有用性について、従来のフィルタ補正逆投影法との比較を中心に概説する。

フィルタ補正逆投影法 (filtered back projection : FBP法) について

FBP法とその拡張方式は、ごく初期を除いたほぼすべてのCT装置で最も多く利用されている再構成法である。FBP法は解析的な画像再構成法であり、投影切断面定理に基づく二次元フーリエ変換法をCTの離散的な撮影データに適用させている。単純な逆投影(back projection)で生じるボケを補正するために、あらかじめフィルタ処理をしてから逆投影を行っているが、この際生成されるイメージの空間分解能や雑音量は、どのようなフィルタ処理をするか、すなわちどのような再構成関数・カーネルを用いるかによって決まる(図1)。CTの撮影データが本来持っている空間分解能を生かし切るためには、骨や肺で用いられるような「硬い」関数(high-pass filter)を用いねばよい。しかし、実際の測定データには誤差やばらつきが含まれており、このばらつきはFBP法では雑音に変換されて画像上に現れてしまう。雑音が多いと、このような「硬い」関数で再構成した画像は、縦隔や腹部などの領域で用いられる、狭いウィンドウ幅の表示条件における読影に支障を来してしまう。このため、狭いウィンドウ幅で表示する予定の画像については、空間分解能を犠牲にして雑音を低減する「柔らかい」再構成関数(low-pass filter)を用いることで対応してきた。

FBP法の特長は、計算時間が圧倒的

に短いことであり、このためCT再構成法の主力として長く利用されてきた。弱点は、低線量領域での雑音が大いことや、スキャン方法の進化に対応しにくいことなどが挙げられる。CTがさらに進化する上で、さらなる被ばく低減や高分解能化が求められるにあたり、雑音低減と空間分解能向上を両立させにくいFBP法では対応が難しくなっている。

逐次近似再構成法 (iterative reconstruction : IR法) について

逐次近似法は、正解へ近づくためのステップを繰り返すことで正解へ徐々に近づき、近似解を得る数学的手法である。解析的に、つまり方程式を解くように正解を求めることが困難な場合でも、逐次近似法を用いると事実上の正解を得られることがある。十分に低い線量で撮影されたCTの画像再構成は、解析的に正解を求めることが困難な事例に相当し、逐次近似法の有効性が期待される。

最も早い時期に市場へ投入されたGE社製のAdaptive Statistical Iterative Reconstruction(以下、ASiR)は、正解へ近づくステップに統計学的ノイズモデルを用いることで、効果的な雑音低減効果を実現している^{1), 2)}。すなわち、雑音が多いデータの信用度合いを下げるノイズモデルや、隣接ピクセルのCT値は近いはずである、といった事前確率を利用した高度なアルゴリズムは、ばらつきの大きい測定から正解へたどり着く確率を向上させ、低線量でも雑音の少ない再