

博士論文（要約）

腹骨盤部CTにおける逐次近似再構成法の有用性について

片岡留那

## 論文の内容の要旨

論文題目 腹骨盤部 CT における逐次近似再構成法の有用性について

氏名 片岡 留那

腹骨盤部 computed tomography (CT) 領域において、逐次近似再構成法 iterative reconstruction (IR) の臨床的応用に関わる 2 つの実験を行った。肝臓ダイナミック CT 検査において、model based iterative reconstruction (MBIR) が低線量で撮像した早期動脈相画像の主観的画質を保持するか否かを検証した。次に骨盤部 CT 検査において、adaptive iterative dose reduction 3D (AIDR 3D) が仮想単純 CT virtual unenhanced image (VUE) の主観的画質を向上させ、ノイズを低減させうるかを検証した。

【実験 1】目的：肝臓ダイナミック CT 検査において、MBIR を用いて再構成した低線量早期動脈相画像の主観的画質が、従来法〔フィルタ補正逆投影法 filtered back projection (FBP)〕を用いて再構成した標準線量の早期動脈相画像と比較し同等であることを確認すること。方法：以前に従来法にて肝細胞癌検索目的に肝臓ダイナミック CT 検査を施行されたことがある患者の内、2014 年 6 月 26 日～2014 年 7 月 29 日の間に受診した 80 人に約 60% 線量を減量させた早期動脈相画像を含む肝臓ダイナミック CT 検査を施行した。同様に、以前に従来法にて肝細胞癌検索目的に肝臓ダイナミック CT 検査を施行されたことがある患者の内、2014 年 8 月 4 日～29 日の間に受診した 50 人に約 90% 線量を減量させた早期動脈相を含む肝臓ダイナミック CT 検査を施行した。

約 60%線量を減量させた早期動脈相画像を MBIR にて再構成した(40%MBIR-early)。また、約 90%線量を減量させた早期動脈相画像を MBIR にて再構成した(10%MBIR-early)。40%MBIR-early もしくは 10%MBIR-early と過去 5 年以内に同一患者に標準線量で撮像し従来法を用いて再構成した早期動脈相画像(100%FBP-early)の主観的画質と被曝量について比較した。主観的画質評価について、2 名の腹部放射線科医が 5 段階評価を用いて評価した。3 点以上を臨床的使用が可能な画質と定義した。臨床的使用が可能か否かを規準に、各画像について適合不適合の判定をした。適合不適合判定において 40%MBIR-early または 10%MBIR-early と 100%FBP-early の間に差があるかを評価した。被曝量は dose length product (DLP)と volume CT dose index (CTDIvol)において比較した。結果：40%MBIR-early と 100%FBP-early の主観的画質評価スコアはそれぞれ  $4.3 \pm 0.8$  (平均 $\pm$ 標準偏差)と  $4.6 \pm 0.6$  (平均 $\pm$ 標準偏差)であった(Wilcoxon signed rank test,  $p < 0.05$ )。臨床的使用が可能か否かの判定において、40%MBIR-early と 100%FBP-early の間に有意差はなかった(McNemar's test,  $p = 0.48$ )。10%MBIR-early と 100%FBP-early の主観的画質評価スコアはそれぞれ、 $3.8 \pm 1.0$  と  $4.6 \pm 0.6$  であった(Wilcoxon signed rank test,  $p < 0.05$ )。臨床的使用が可能か否かの判定において、10%MBIR-early と 100%FBP-early の間に有意差はなかった(McNemar's test,  $p = 0.07$ )。40%MBIR-early と 100%FBP-early の被曝量(DLP)はそれぞれ  $132.0 \pm 90.0$  Gy $\cdot$ cm,  $374.5 \pm 162.9$  Gy $\cdot$ cm であった(paired t-test,  $p < 0.05$ )。40%MBIR-early と 100%FBP-early の被曝量(CTDIvol)はそれぞれ、 $4.9 \pm 2.1$  mGy,  $15.6 \pm 6.5$  mGy であった(paired t-test,  $p < 0.05$ )。DLP では  $62.8 \pm 2.6\%$ 、CTDIvol では  $67.2 \pm 7.9\%$ 、被曝量を減量させた。10%MBIR-early と 100%FBP-early の被曝量(DLP)はそれぞれ

れ  $27.0 \pm 13.3 \text{ Gy} \cdot \text{cm}$ ,  $355.2 \pm 158.8 \text{ Gy} \cdot \text{cm}$  であった (paired t-test,  $p < 0.05$ )。10%MBIR-early と 100%FBP-early の被曝量 (CTDIvol) はそれぞれ、 $1.1 \pm 0.6 \text{ mGy}$ 、 $14.8 \pm 6.4 \text{ mGy}$  であった (paired t-test,  $p < 0.05$ )。DLP では  $92.3 \pm 1.9\%$ 、CTDIvol では  $92.4 \pm 1.6\%$  被曝量を減量させた。結論：肝臓ダイナミック CT 検査において、約 60% または約 90% 線量を低減させて撮像し MBIR を用いて再構成した早期動脈相画像は、従来法を用いて再構成した標準線量の早期動脈相画像と比較して臨床的使用が可能な画質を保つことができた。

**【実験 2】**目的：Dual-energy CT (DECT) で撮像した骨盤部単純造影 CT から作成した VUE を AIDR 3D を用いて再構成した画像 (AIDR-VUE) と従来法を用いて再構成した画像 (FBP-VUE) を比較することで、AIDR 3D が VUE の主観的および客観的画質 (ノイズ) を改善させるか検討すること。方法：320 列 CT を用い、18 人の女性の骨盤部の DECT (100kVp および 135kVp) を撮像し VUE を作成した。作成した VUE をそれぞれ AIDR 3D または FBP を用いて再構成した。AIDR-VUE と FBP-VUE について、2 名の腹部放射線科医が恥骨結合から 3cm の高さの画像 (画像 a) 及び恥骨結合から 6cm の高さの画像 (画像 b) について 5 段階評価を用いて主観的画質を評価した。また、皮下脂肪織、大臀筋、子宮頸部、子宮体部、嚢胞または膀胱内に直径 1cm 径の円形 region of interest (ROI) を 5 個置いて SD 値 (ノイズ値) を測定し、5 個の ROI のノイズ値を平均したものを paired t-test で比較し、客観的画質評価を行った。結果：画像 a の AIDR-VUE の主観的画質評価スコアは、診断医 1 では  $3.6 \pm 0.6$ 、診断医 2 では  $3.9 \pm 0.6$  であった。画像 a の FBP-VUE の主観的画質評価スコアは、診断医 1 では  $2.9 \pm 0.4$ 、診断医 2 では  $2.8 \pm 0.8$  であった。画像 a について、

AIDR-VUE の主観的画質スコアは、FBP-VUE よりも有意に高かった(Wilcoxon signed rank test,  $p<0.05$ )。画像 b の AIDR-VUE の主観的画質評価スコアは、診断医 1 では  $3.6\pm 0.5$ 、診断医 2 では  $3.9\pm 0.7$  であった。画像 b の FBP-VUE の主観的画質評価スコアは、診断医 1 では  $2.9\pm 0.3$ 、診断医 2 では  $3.0\pm 0.7$  であった。画像 b について、AIDR-VUE の主観的画質スコアは、FBP-VUE よりも有意に高かった(Wilcoxon signed rank test,  $p<0.05$ )。主観的画質評価の適合不適合判定では、AIDR-VUE が FBP-VUE よりも有意に適合が多かった(McNemar's test,  $p<0.05$ )。FBP-VUE 及び AIDR-VUE の皮下脂肪織、大臀筋、子宮頸部、子宮体部、嚢胞または膀胱内の平均ノイズ値はそれぞれ  $20.9\pm 4.0$  及び  $12.2\pm 1.5$ 、 $22.6\pm 5.5$  及び  $13.9\pm 1.9$ 、 $28.1\pm 6.2$  及び  $18.9\pm 3.7$ 、 $27.7\pm 7.0$  及び  $17.8\pm 2.2$ 、 $19.6\pm 4.7$  及び  $11.6\pm 2.0$  (いずれも paired t-test,  $p<0.05$ )であり、AIDR-VUE のノイズは FBP-VUE に比べて全ての臓器で有意に低かった。結論：AIDR 3D は、DECT から作成した VUE のノイズを低減させて、主観的画質を向上させた。

腹骨盤部 CT に IR を適用した。IR は、肝臓ダイナミック CT 検査における低線量早期動脈相画像の主観的画質を保持し、標準線量の骨盤部 VUE の画質を向上させた。