

Reconstruction of CT images with projection data including missing parts

検出器ギャップを含む不完全投影データ からのCT画像の再構成

貝吹 太志¹⁾、松本 真梨子¹⁾、尾川 浩一¹⁾、橋本 大輔²⁾、
村田 乾²⁾、長野 竜也²⁾、山河 勉²⁾

¹⁾法政大学 理工学部 応用情報工学科

²⁾株式会社 テレシシステムズ

Disclosure

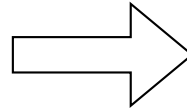
This study was supported in part by a research grant from Telesystems Co. Ltd., Osaka, Japan.

Authors K.Murata, D.Hashimoto, T. Yamakwa and T. Nagano are employee of Telesytems Co. Ltd, Osaka, Japan.

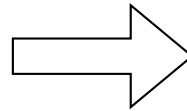
半導体X線検出器

固体半導体の使用
ピクセル型検出器
ダイレクト光子検出

メリット



小型軽量
高空間分解能
高S/N



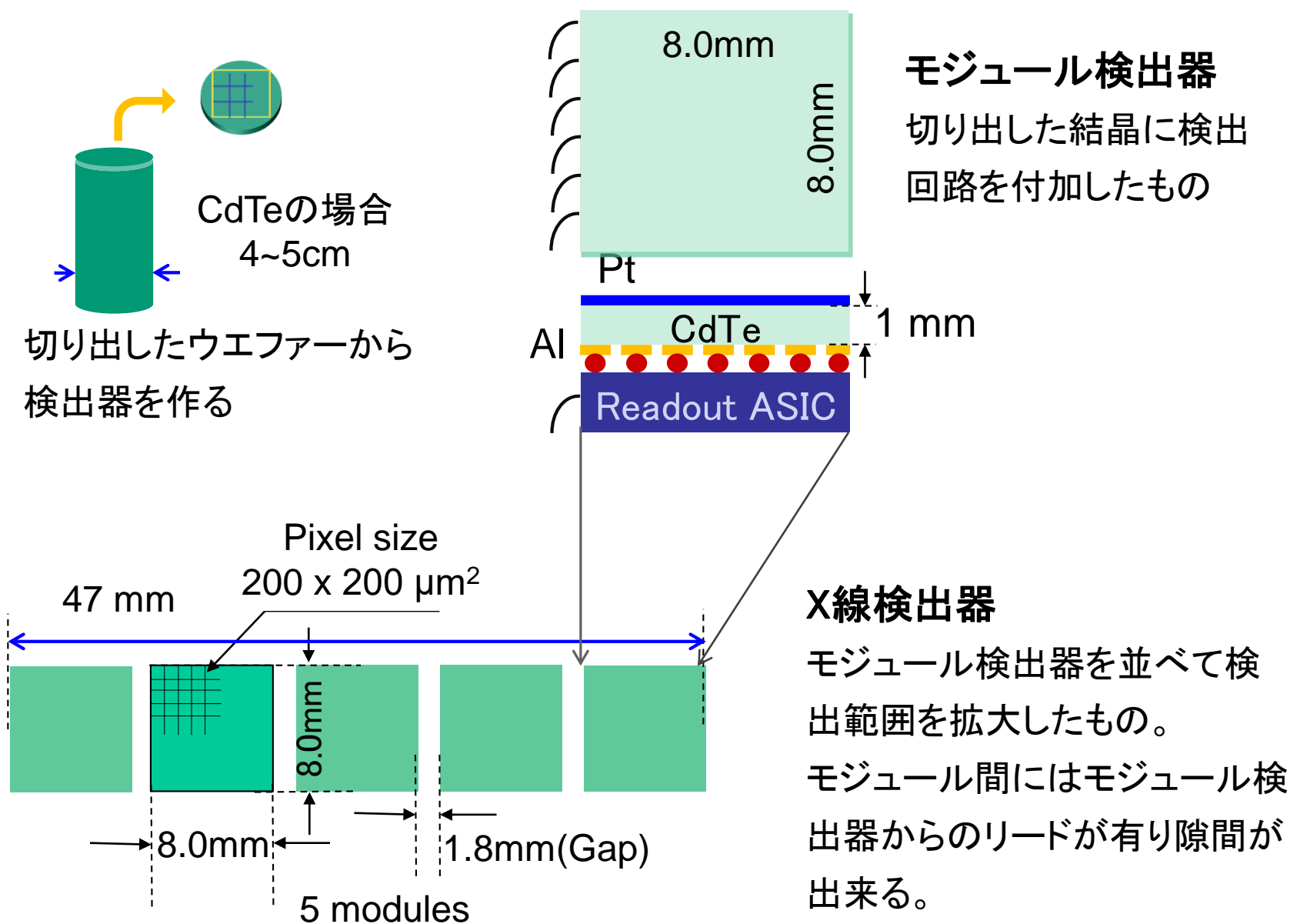
デメリット

大型結晶製造困難
不良ピクセルの存在
検出回路実装困難

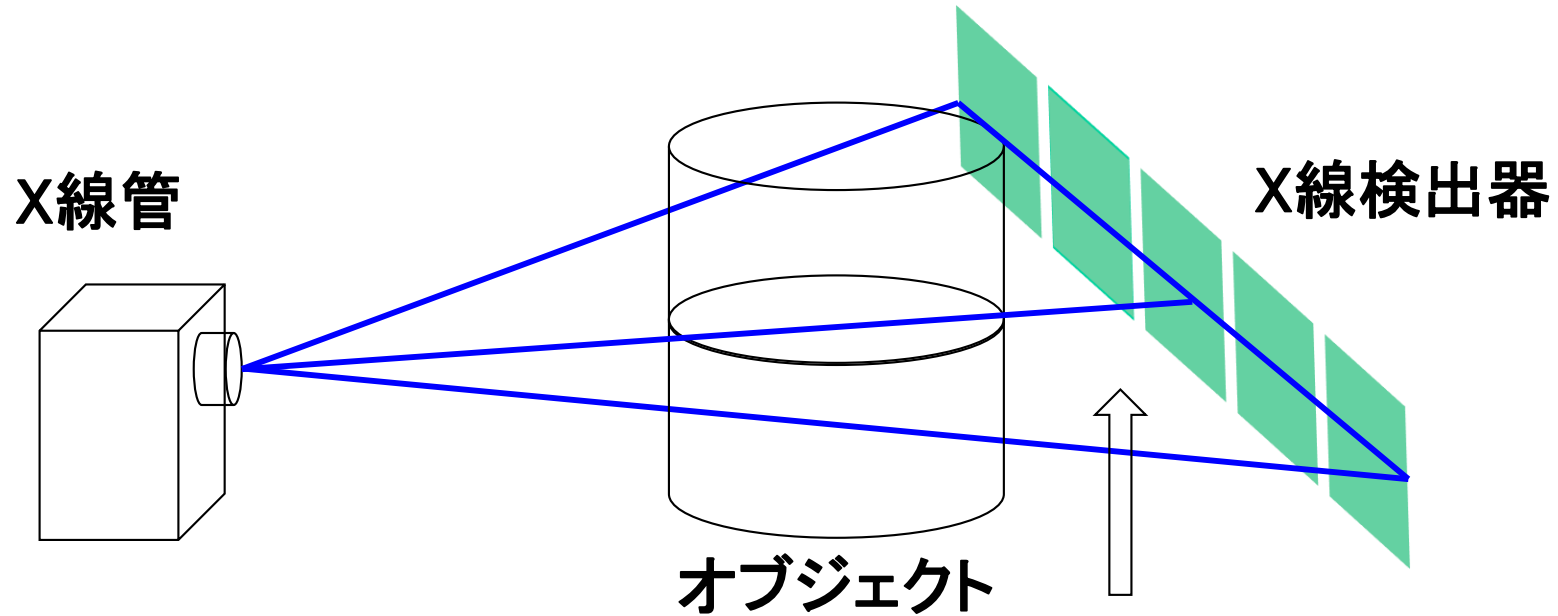
研究目的

欠損部分を含む投影データを用いたCT画像再構成
および再構成画像の品質向上手法の開発

2. 検出器に於ける欠損



3. 投影データ収集ジオメトリ



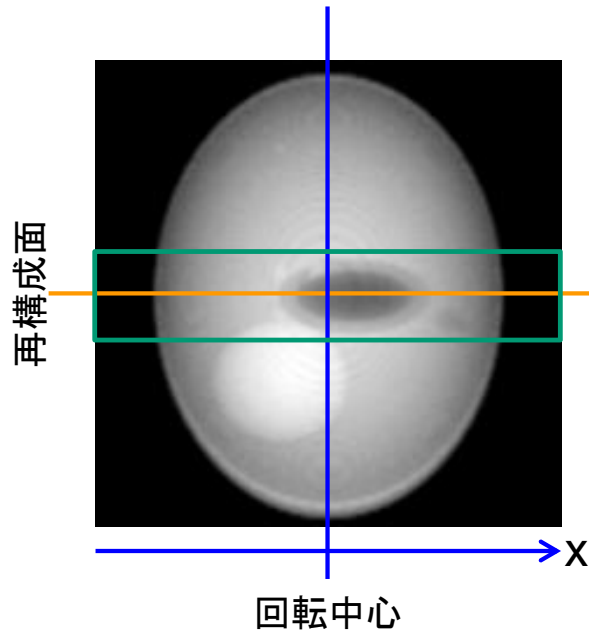
投影データ

検出器上に表れる投影データはギャップ位置では存在しない。有効ピクセルで得られた投影データのみを用いて再構成を行う。

再構成面

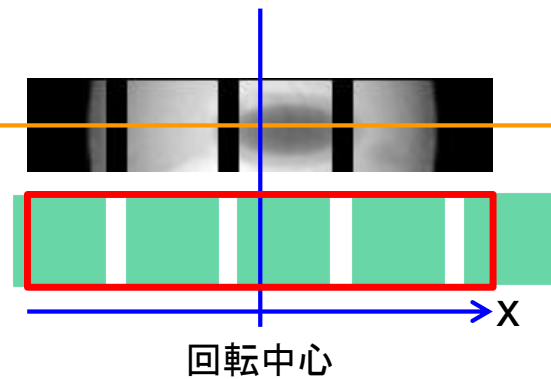
ファンビームモデルを採用し、1再構成面は1ピクセル幅のスライスとする。

4. 投影データ(サイノグラム)



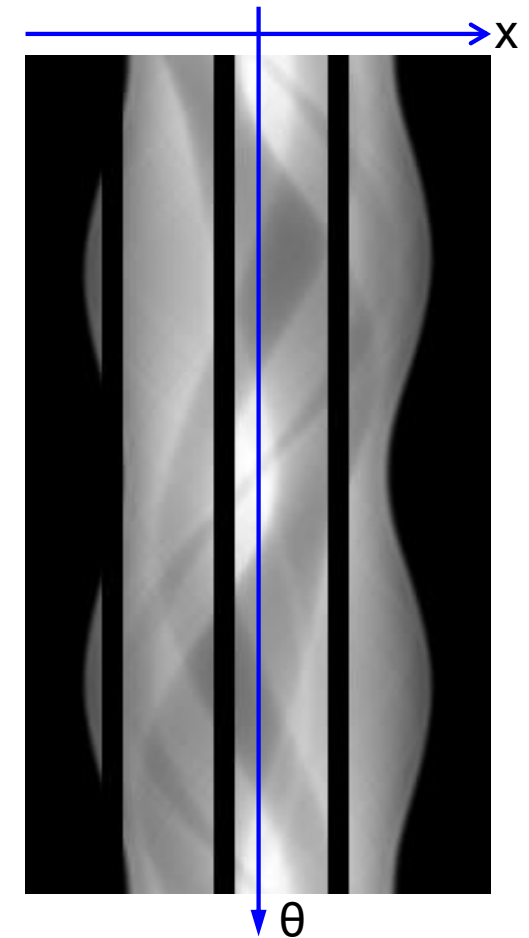
Sheppファントム

ある投影角 ($\theta = 90^\circ$) に於けるファントム全体投影像。



検出器上の投影像

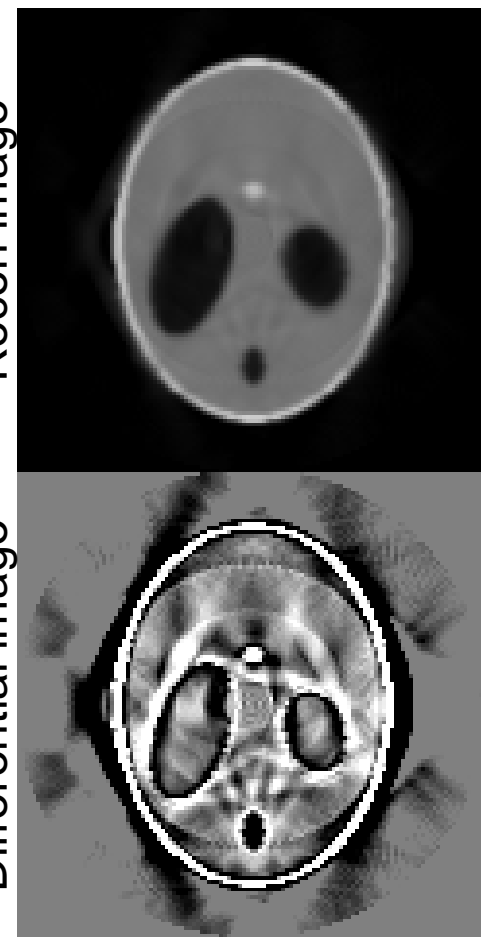
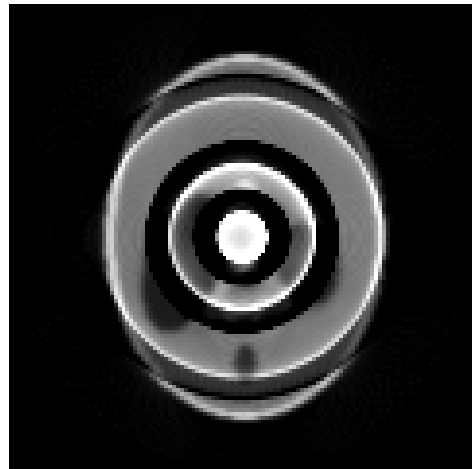
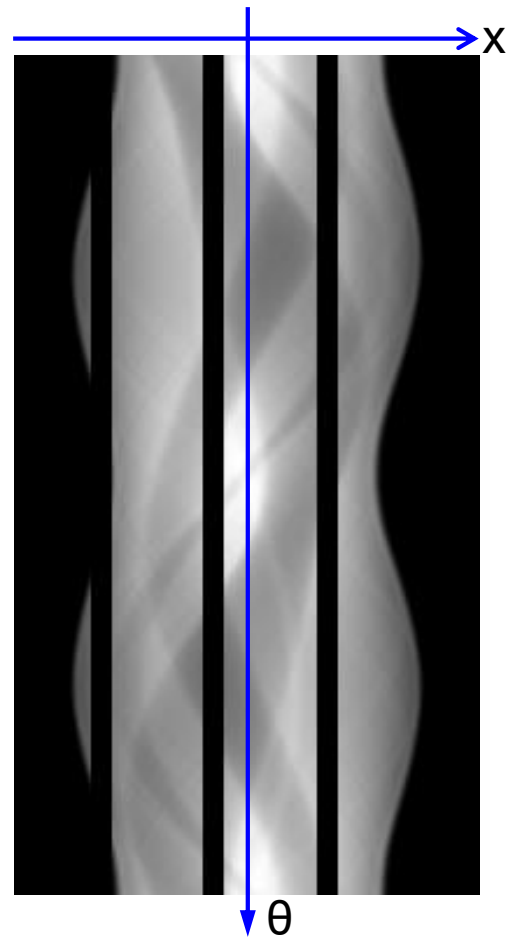
有効画素上で得られる投影像 ($\theta = 90^\circ$)



サイノグラム

中心スライスから得られるサイノグラム

5. FBPによる再構成



サイノグラム
欠損投影データを含む
サイノグラムデータ

FBP再構成
欠損データをそのまま(0)
での再構成

欠損投影補間
欠損部分を線形補間して
FBPで再構成

6. MAP-TV再構成法

再構成法

- FBP法などの再構成計算に於いて実空間フィルタリングを行う手法は、投影データに欠損が有り空間に断続があるデータには直接適応できない。
- ML-EM法では投影データの空間連続性が必要無いので、欠損を含むような断続データもそのまま扱うことが出来る。
- ML-EM法に**正則化項**を設けたものがMAP-EM法であり、そのエネルギー関数としてTV(Total variation)を用いた物がMAP-TV*法となり、以下の式で示される

$$f_i^{new} = \frac{f_i^{old}}{\sum_j a_{ij} + \beta \frac{\partial}{\partial f_i} U(f^{old})} \sum_j \frac{a_{ij} p_j}{\sum_k a_{kj} f_k^{old}}$$

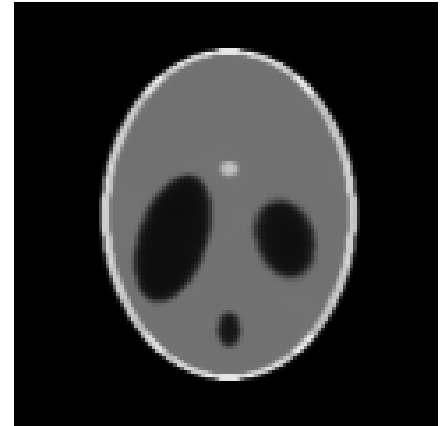
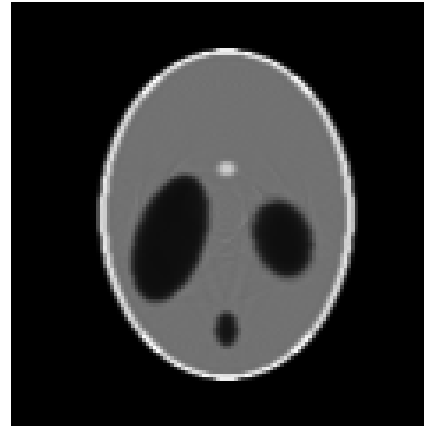
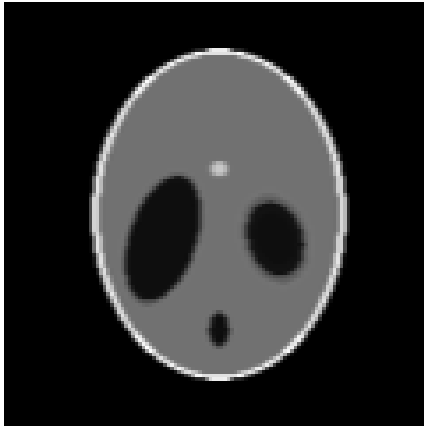
$$\text{但し、} U(f) = TV(f) = \sum_{x,y} \sqrt{(f_{x,y} - f_{x-1,y})^2 + (f_{x,y} - f_{x,y-1})^2}$$

- β は効果調整用のパラメータで $\beta=0$ の時ML-EM法と等価となる。

各種条件

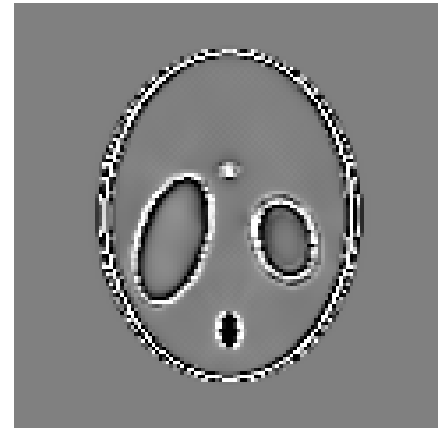
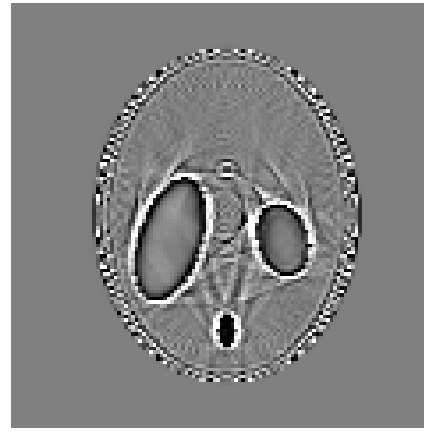
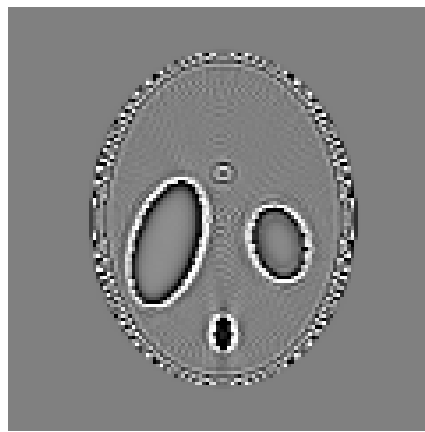
ジオメトリ	ファンビーム(拡大率 1.6倍)
検出器長	47mm (ギャップ領域含む)
検出器ピクセル数	200ピクセル(ギャップピクセル含む)
検出器モジュール数	5個 (ギャップ4カ所)
ギャップ長	1.8mm (9ピクセル相当)
検出器ピクセルサイズ	0.2mm (200 μ m)
再構成空間	有効FOV 半径62ピクセル
再構成空間ピクセルサイズ	0.2mm x 0.2mm (200 μ m x 200 μ m)
投影数	360/360°
再構成法	ML-EM、MAP-TV
繰り返し回数	150回
TV β 値	0.5

8. 再構成画像



Original phantom
Slice #110

Differential image

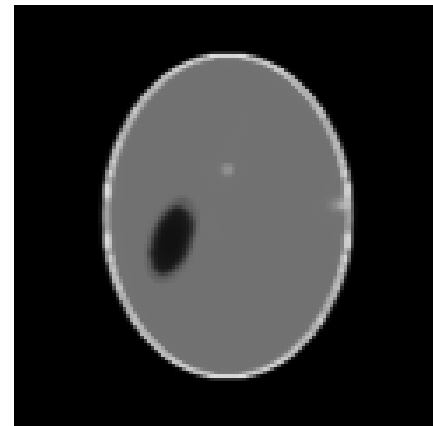
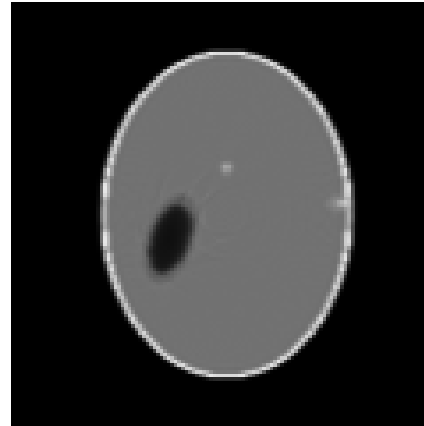
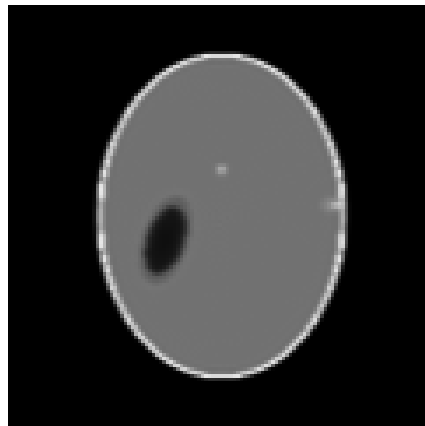
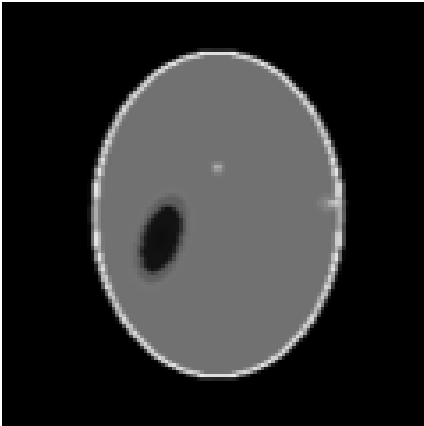


ML-EM
No Gap
150 iterations

ML-EM
with Gap
150 iterations

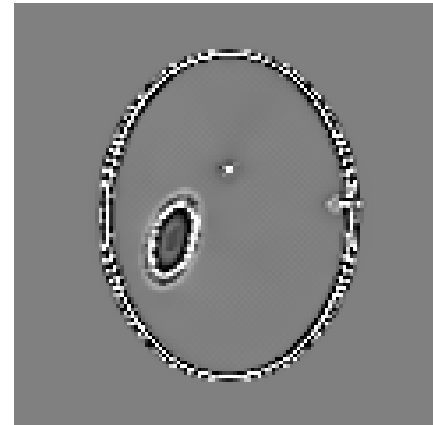
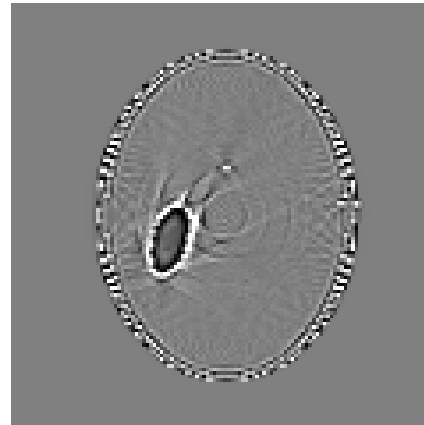
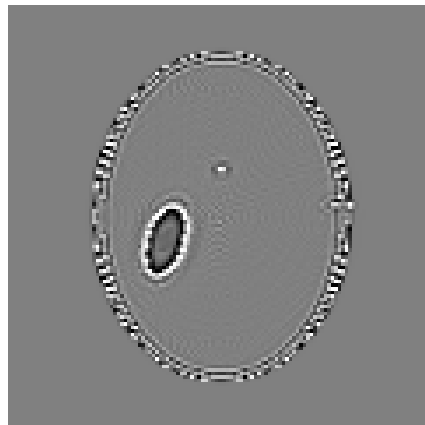
MAP-TV
with Gap
150 iterations
Beta:0.5

9. 再構成画像2



Original phantom
Slice #87

Differential image



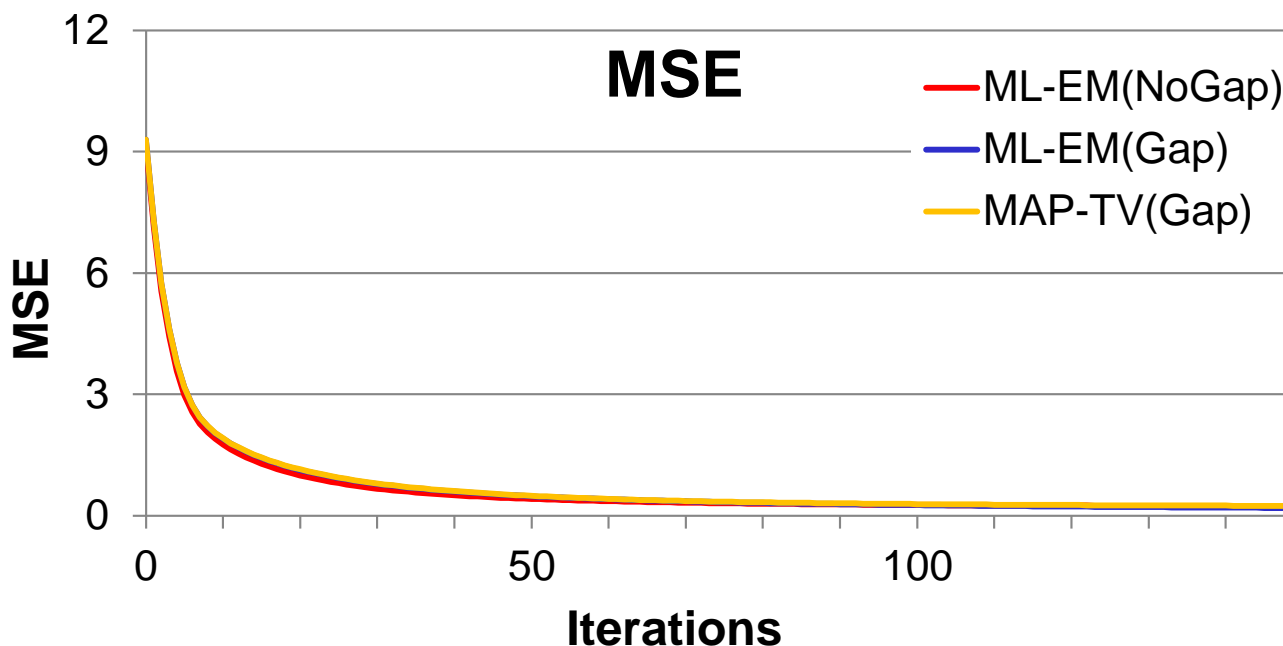
ML-EM
No Gap
150 iterations

ML-EM
with Gap
150 iterations

MAP-TV
with Gap
150 iterations
Beta:0.5

欠損投影の影響評価

- 欠損の無い投影データから得られるCT画像および欠損部位を含む投影データから得られるCT画像のオリジナルデータとのMSEを比較
- MSEの収束性を検証



結果

- MAP-TV再構成法により、投影データに欠損部位を含んでいる場合に於いても再構成が可能であり、わずかなアーチファクトが認められるが良好な再構成画像が得られた。
- 投影データにおける欠損部位はML-EM、MAP-TVの収束性に影響は与えていない。

結論

投影データにデータ収集不能領域があってもMAP-TV法による再構成画像によって、大きなアーチファクトを発生させる事無く再構成される事がわかった。さらに実際に近い状況でのシミュレーションにより、MAP-TV法の有用性を検討する