

コサイン類似度を用いたX線CT 画像の評価

静岡大学電子工学研究所

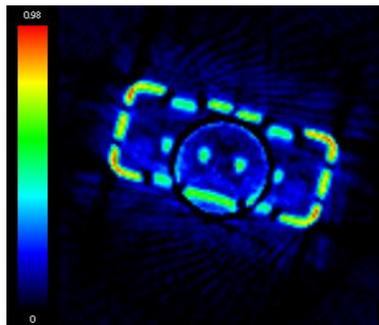
中嶋大樹, 橋本 歩, 井村ゆき乃, 森井久史,
柳田拓人, 根尾陽一郎, 三村秀典, 青木 徹

背景

- X線CT
 - 様々な分野で活用されている非破壊検査技術
 - 医療, 産業, セキュリティなど
- 通常のCT撮像
 - 多方向(多ステップ)からX線を照射する必要がある
 - 機械的な動作時間の増加
 - 全数検査などに利用しにくい
- 低ステップX線CT
 - 高速に情報を取得することが重要
 - ステップ数の減少(低ステップ化)

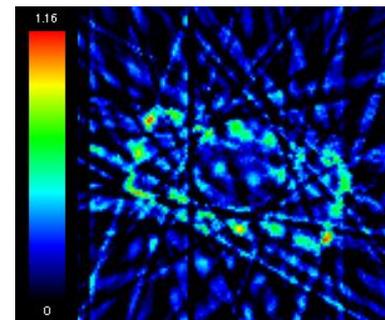
課題

- 低ステップでの画像劣化
 - CT撮像での角度が離散的となるため画像劣化が生じる
 - 低ステップの場合は画像劣化も顕著になる
 - 特有の劣化: 本来存在しない像(アーチファクト)の発生
- 画像劣化の改善
 - 画像劣化に対して適切な補正を行う
 - そのために有効な画像再構成方法を調べる必要がある



360ステップCT画像

→
低ステップ化



18ステップCT画像

目的

- 画像劣化の定量的評価
 - 画像再構成方法の比較が必要
 - そのために、低ステップにおける再構成画像の劣化の比較を行う
 - 定量的評価により劣化を正確に把握する
- コサイン類似度
 - 画像を比較するための指標の一つ

コサイン類似度が画像(アーチファクト)の評価指標として利用可能であることを示す

画像比較指標

	コサイン類似度	ユークリッド距離	RMSE (二乗平均平方根誤差)
画像の明るさ変化の影響	受けにくい	受けやすい	
最小値	0	0	0
最大値	1	画素数, 画素値の範囲に応じた値	画素値の範囲に応じた値
値の変化	画像が類似しているほど増加	画像が相違しているほど増加	

コサイン類似度

- 画像の明るさ変化(画素値の全体的な変化)の影響を受けにくい
 - アーチファクトは明るさ変化とは異なる劣化
- 値の範囲は画素数や画素値の範囲によらず一定

コサイン類似度

- 明るさ変化の影響を受けにくい指標
 - アーチファクトは本来存在しない像であるため、明るさ変化とは異なる
 - そのため、明るさ変化の影響を受けにくいコサイン類似度を計算
- 理想的な条件での画像と、低ステップの条件での画像とを比較

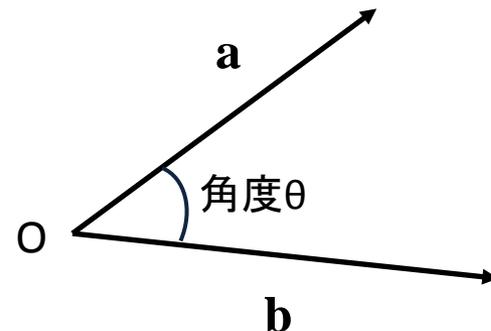
$m \times n$ 画像を、各画素値を成分とした
 $m \times n$ 次元ベクトルとみなす

$$\mathbf{a} = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_{mn})$$

$$\mathbf{b} = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_{mn})$$

2ベクトルがなす角度の余弦を
コサイン類似度とする

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{|\mathbf{a}| |\mathbf{b}|} \quad (0 \leq \cos \theta \leq 1)$$

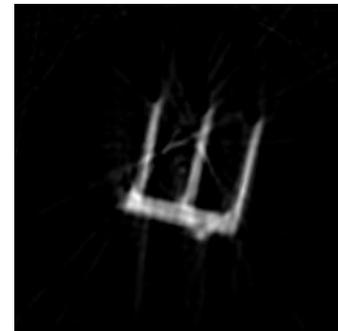


実験

シミュレーションによる投影		実測による投影
投影対象	中央に1画素の点のみの画像 (入力画像)	放熱フィン
画像再構成方法 (低ステップ)	FBP法, MSIRT法(10回反復), ML-EM法(10回反復)	
理想条件の画像	入力画像	225ステップ(FBP法)画像
画素数, 画素値	画素数: 256×256 , 画素値: $0 \sim 255$ の整数	

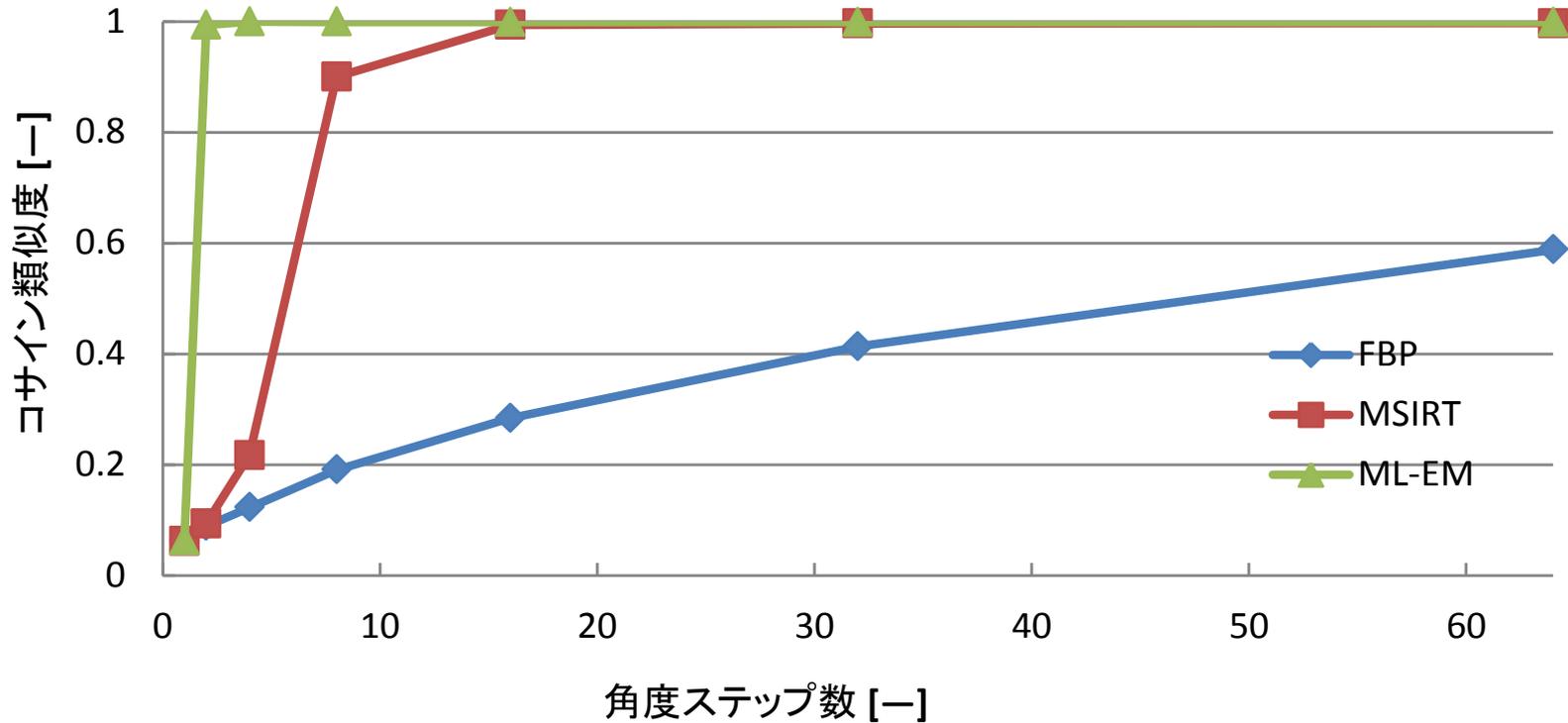


投影対象(実測)



理想条件の画像(実測)

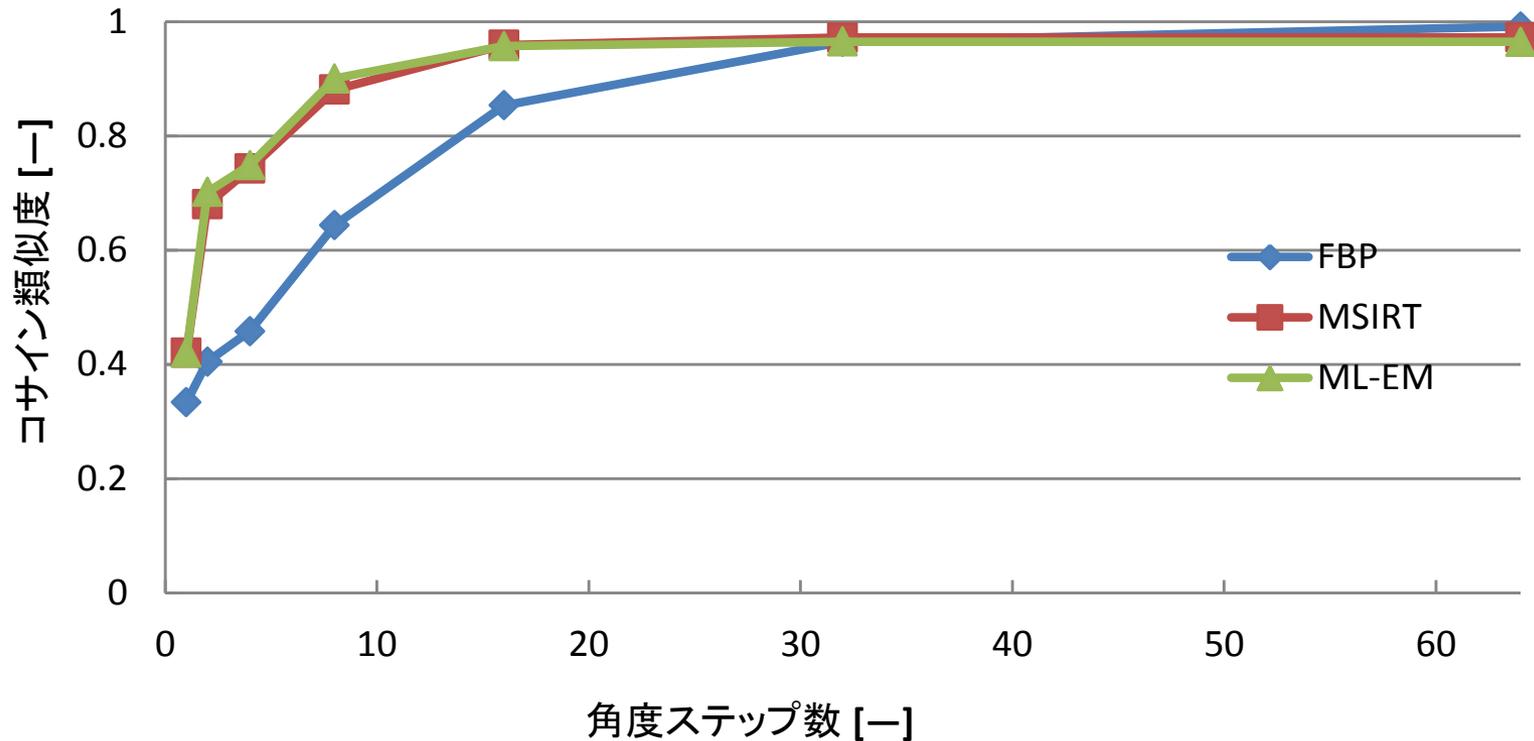
結果 (シミュレーションによる投影)



角度のステップ数とコサイン類似度との関係

いずれの方法でも、ステップ数の増加に伴いコサイン類似度が増加

結果（実測による投影）



角度のステップ数とコサイン類似度との関係

いずれの方法でも、ステップ数の増加に伴いコサイン類似度が増加

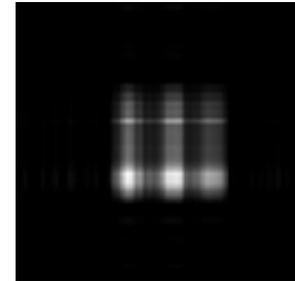
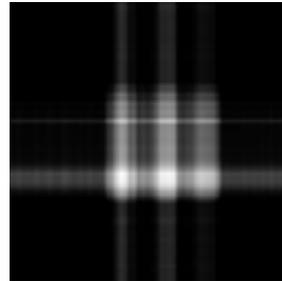
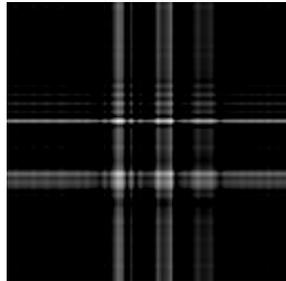
出力画像(実測による投影)

FBP法

MSIRT法

ML-EM法

2ステップ



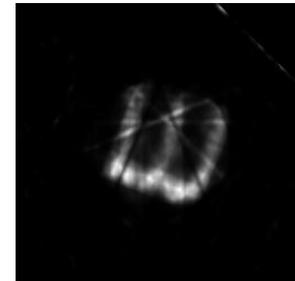
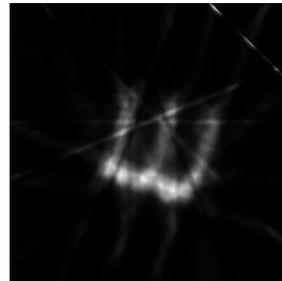
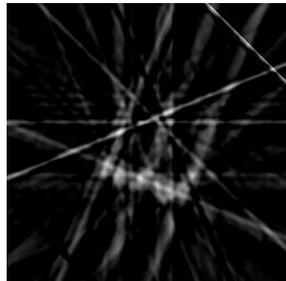
コサイン類似度:

0.40

0.68

0.70

8ステップ

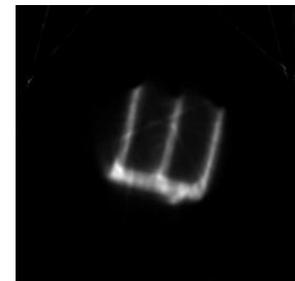
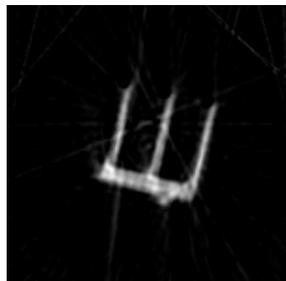


0.64

0.88

0.90

64ステップ

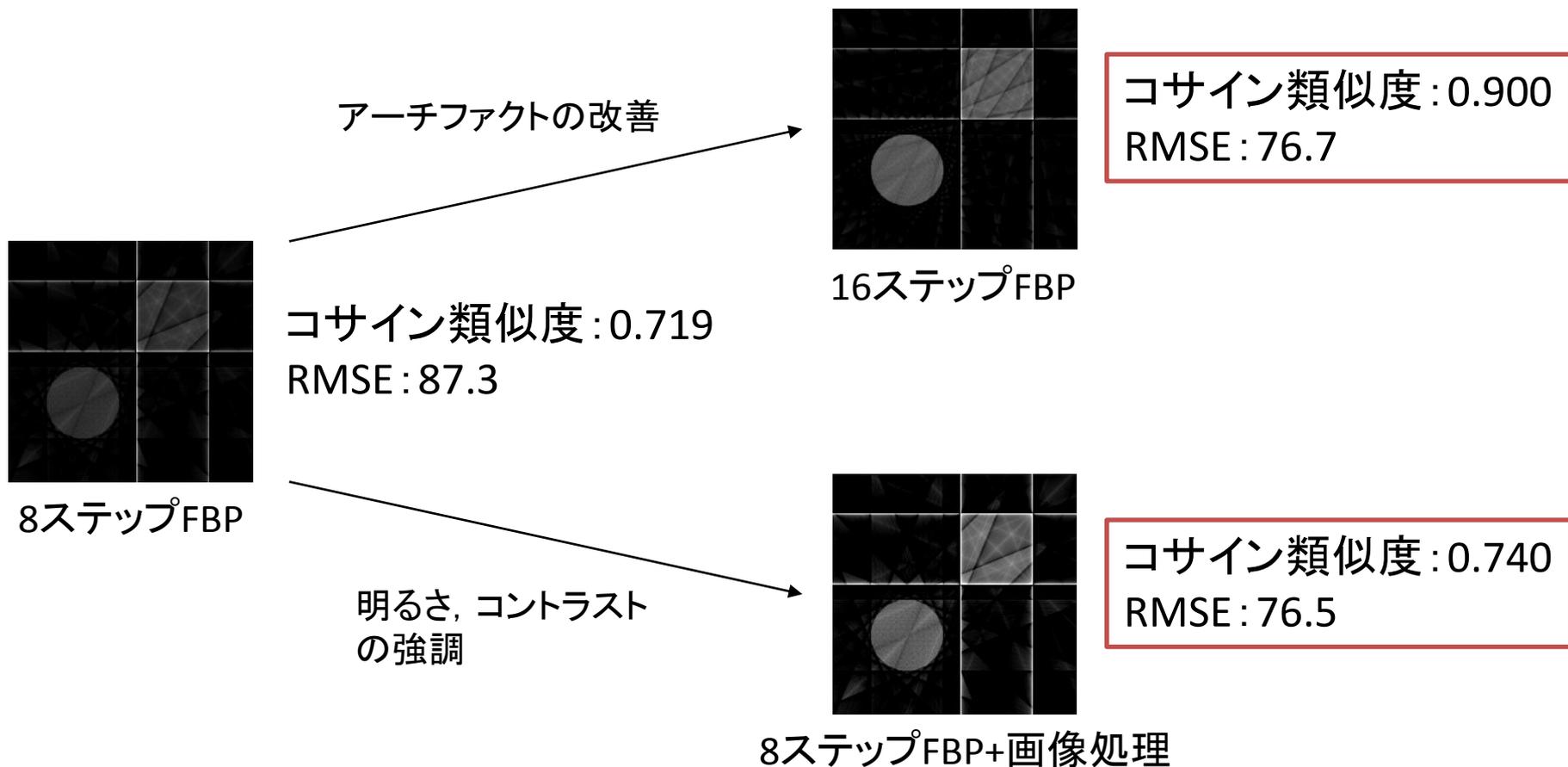


0.99

0.97

0.96

アーチファクトと指標との対応



結果の考察, まとめ

- ステップ数の増加 (=画像の改善)に伴うコサイン類似度の増加
 - シミュレーション, 実測のいずれでも確認された
 - FBP法, MSIRT法, ML-EM法のいずれの方法においても確認された
- アーチファクトに対応したコサイン類似度の変化

コサイン類似度が画像(アーチファクト)の評価指標として利用可能