

画像復元法の種類と比較

以下の要約は、英文レポート R.C. Puetter, T.R. Gosnell, and Amos Yahil によりまとめられた **Digital Imaging Reconstruction: Deblurring and Denoising** の中で画像復元法の種類とその比較に関する部分のみを日本語に訳したものです。

画像復元法の中で、高度な画像の限定方法が開発されています。

- 1) 原データのフィルター法
- 2) グローバル・ペナルティ機能による画像の規制化法
- 3) 空間アダプティブ法による画像全体に可変の規制を掛ける方法

この中で最も信頼の置ける方法は、一番保守的な方法で、インプットデータに含まれている最も単純な画像の定性部分を探す方法です。「単純さ」といってもそれは画像のコンテキストによりますが、大抵の画像のアプリケーションにおいて、最も単純な方法で復元した画像が一番スムーズです。最大限、データが許す限りの空間適応スムーズ化法は、最良の画像復元法です。

通常、画像復元法は、まず単純な方法が適用されます。もし単純法で解決しないと証明された場合、より高度な方法が適用されます。

単純な方法というのは、処理を反復しないワンステップの方法のことです。

これは、非常に明確な閉形式逆数操作法で、原データは、ワンステップで画像モデルに復元されます。この方法の中には、Fourier(フーリエ)法 とスモールカーネル・デコンボリューション(small-kernel deconvolutions)とがあり、これにウィーナーフィルタ法、ウェーブレットノイズ消去法、あるいは *Quick Pixon* スムーズ化法を併用させる可能性があります。

ワンステップ法の限界から、統計的テスト法を用いて如何にして画像モデルを原データにフィットさせるかということで反復法が開発されました。

この統計的手法は、メリット機能、最大近似、フィットの良好性、そしてエラー推定などのコンセプトを含みます。

このフィット法は、大きくパラメトリック手法(母集団特性値)とノン・パラメトリック手法のカテゴリーがあります。

パラメトリック手法は、画像のモデル化が、明確で既知のソースデータ機能があり、かなりの調整可能なパラメータにより問題解決が可能な場合に適用されます。

Digital Image Reconstruction

Deblurring and Denoising

単純なノン・パラメトリックの反復法は、van Cittert Landweber 法や Richardson-Lucy conjugate-gradient (併役傾斜) 法を含みます。

これらのノン・パラメトリック手法は、わずかなソース機能を多数のグリッド上に定義された未知の画像バリューで置き換えることにより、より大量の画像モデルの蓄積を可能にします。しかしながら、画像の自由度は画像の不安定化をもたらしますので、画像の限定化が導入されました。

二つの最も単純な画像限定法は、転換する前段階でフィットの最大近似機能を初期段階で停止して、画像がネガティブにならないように負荷を掛けることです。これら二つの限定法の併用は、驚くほど強力にノイズの増幅を低減し、更に解像度を増進しますが、復元によるある程度のアーチファクトが出ます。

上記の一般的方法に対して、更なる画像のスムーズ化と復元によるアーチファクトの低減化が必要です。

これらの必要性に見合う高度な手法には、線形チホノフ規制法、全変動法、最大エントロピー法があり、グローバル画像優先機能を適用しています。これらは、大きく分けて元々二つの異なる考え方から発生したのですが、結果的にはお互いに同等の手法になりました。両手法は、画像のグローバル機能を使用して画像の優先性を述べています。原データの束縛に対して優先機能を最大限に利かせています。

グローバル画像限定法は、画像の復元を著しく改善できますが、優先機能がグローバルであるため、結果的に、画像モデルがある部分のデータに対するフィットは不十分であり、別な部分では過剰にフィットが適用されることとなります。

そこで開発された手法が画像を限定する空間アダプティブ法で、これらは、空間可変エントロピー法、ウェーブレット法、マルコフ確率場・ギブ先行法、原子先行・大規模推論法、そして *Full Pixon 法* を含みます。

Digital Image Reconstruction

Deblurring and Denoising

その他の主な画像復元法は、
電波天文学の分野で使用される超解像 (Super-resolution) 法で、サブ回折解像法とサブピクセル解像法があります。

更に、参考までにその他の手法では以下の手法があります。

- 1) Tomography (断層撮影法) 法
- 2) Vector quantization (ベクトル量子化) 法
- 3) Convex set (凸集合) への投影法
- 4) 関連手法: Singular-value (単数値) decomposition (分解) 法、Principal components analysis (主要要素分析) 法、independent component analysis (独立要素分析) 法
- 5) Artificial neural networks (人工の神経ネットワーク) 法

Digital Image Reconstruction

Deblurring and Denoising

Pixon 法による画像以下は、主な画像復元法を用いて撮影した画像の比較をしたものです。

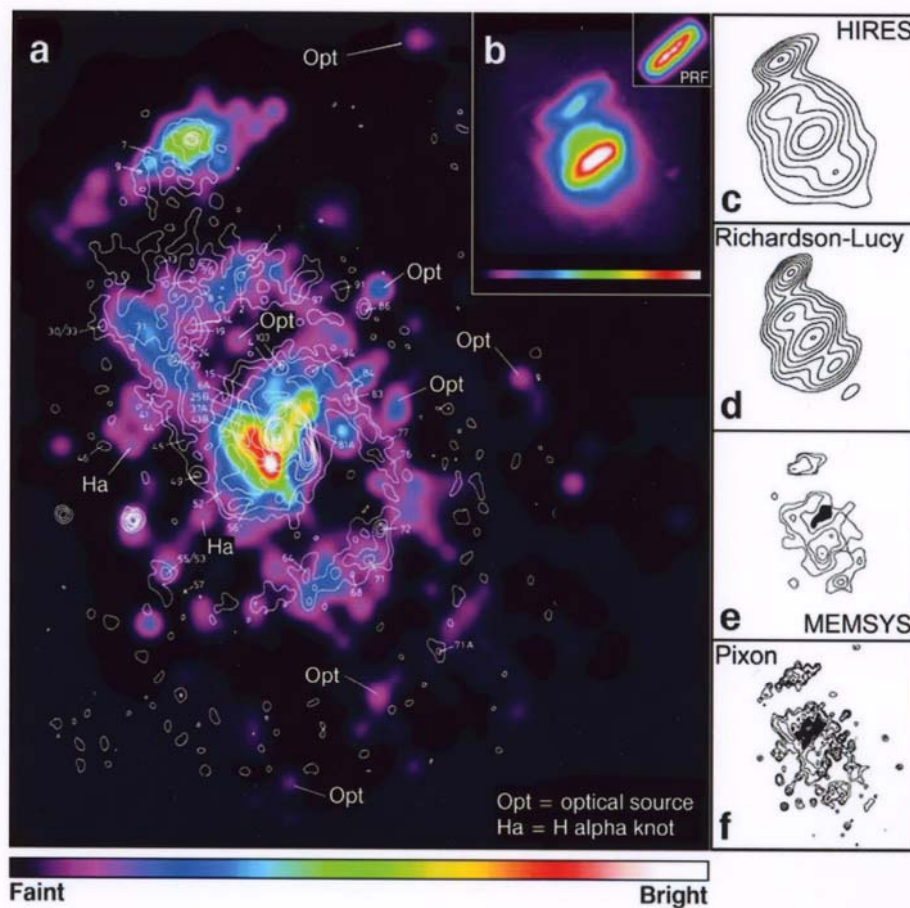


図1 赤外線宇宙衛星により $60\mu\text{m}$ スキャンで撮影された銀河対 M51 と NGC5195 の様々な画像の復元法

- (a) 5 GHz で撮影した電波連続等高線の着色画像。
- (b) 二つの入力画像データ、挿入画は同スケールのポイント反応機能 (PRF)
- (c) NASA の高解像復元法による画像
- (d) リチャードソン・ルーシー復元法による画像
- (e) 最大エントロピー復元法による画像
- (f) *Pixon* 復元法による画像

(a)に於いては、光学的画像として確認されているオブジェクトは:(Opt) スター、(Ha)は、 $H\alpha$ 放射群です。

(e) と(f) にある黒点は、光量(熱量)ゼロの部分です。

図の縮尺比率は、(a), (b), (c) - (f) に対して 1.0: 0.18: 0.28 です。

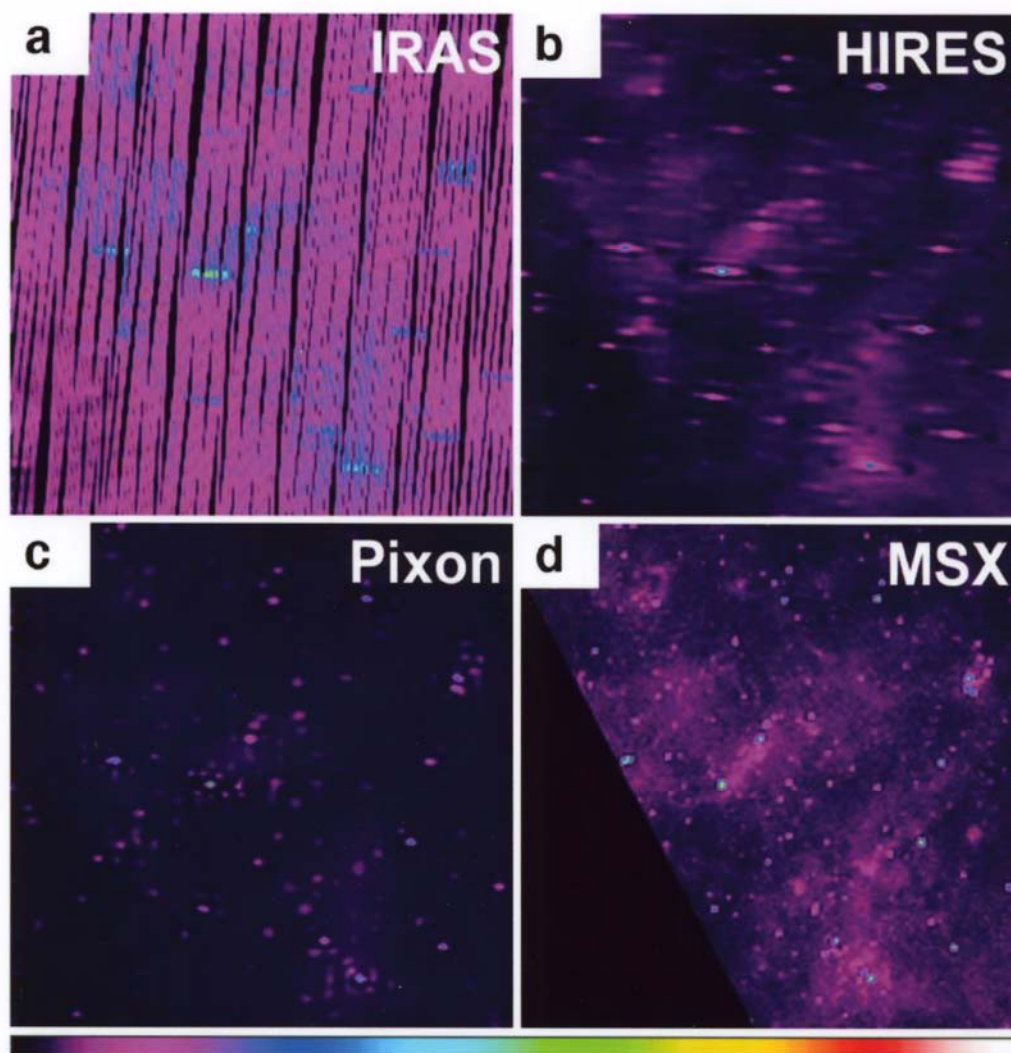


図2 赤外線宇宙衛星で $12\mu\text{m}$ スキャンをして得た映像を外部機関が NASA と Pixon の復元方法を比較したもの

- (a) 大学でのスキャン撮影画像
- (b) NASA の赤外線処理・分析センターによる高解像度復元法による画像
- (c) *Pixon* 復元法による画像
- (d) この画像は、12 年後に米国空軍のミッドコース宇宙実験衛星により撮影されてスペース・ダイナミック・ラボラトリで処理されたものです。

Digital Image Reconstruction

Deblurring and Denoising

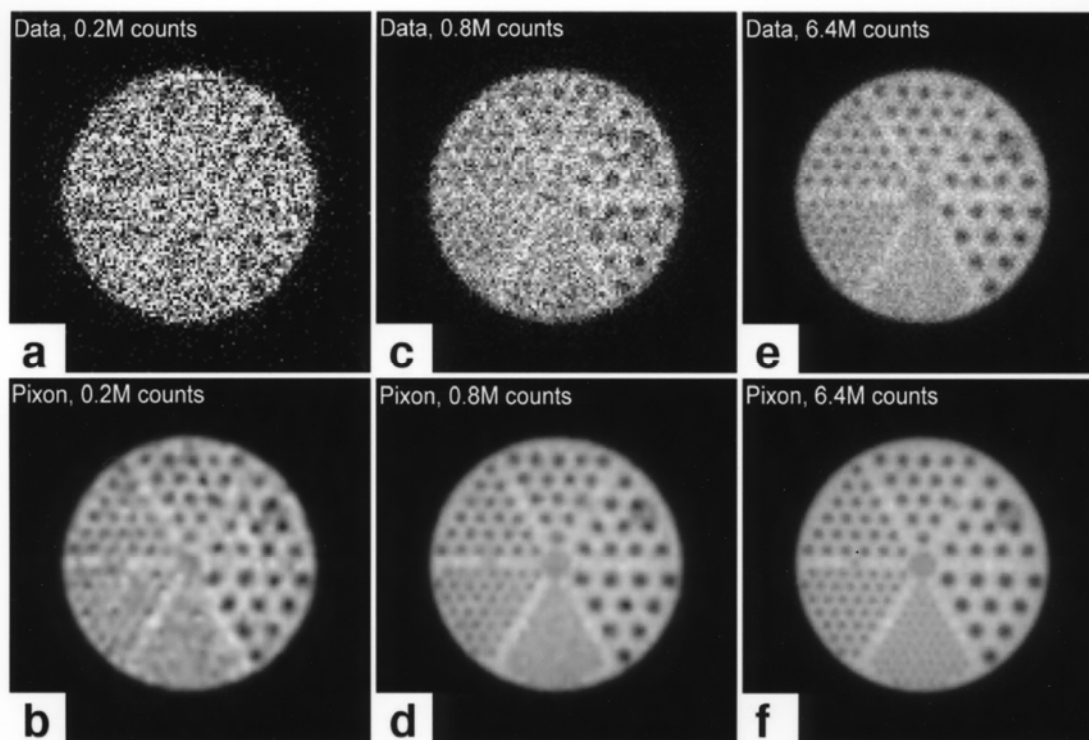


図3 *Pixon* 復元法によりノイズ除去の大きさを示したもので、平面シンチグラフィとガンマ(γ)線医療ファントム画像

- (a) 0.2 mega-counts data
- (b) *Pixon* 法による画像
- (c) 0.8 mega-counts data
- (d) *Pixon* 法による画像
- (e) 6.4 mega-counts data