SAKAS-CONV及び SAKAS-CT説明書

初版　2021/08/04

位相対応版　2021/10/28

九州シンクロトロン光研究センター

米山明男

1. **概要**

SAKASは九州シンクロトロン光研究センターで開発している画像データ・カルテシステムの総称である。本システムではマイクロＣＴや位相イメージングにより取得した画像データに関して、サンプルの名前や状態、Ｘ線カメラの種類や撮像条件、ビームラインの状態などに加えて、画像処理の諸条件を総合的に、TAGファイル(Windowsのiniファイルに準拠)に記録することができる。

SAKAS-CONVは、TAGファイルの情報に基づいて、取得した画像データ（RAWデータ）からサイノグラムを生成するソフトウェアで、SAKAS-CTはSAKAS-CONVで生成されたサイノグラムからFBPにより断面像を生成するソフトウェアである。両ソフトウェアとも、SAKASの仕様に基づいて画像処理の各パラメータをTAGファイルに自動的に追記する機能を備えている。また、予めTAGファイルに記載された情報に基づいて、連続的に処理すること（バッチ処理）もできる。

1. **SAKAS-CONV及び SAKAS-CTの利用規約**

九州シンクロトロン光研究センター（以下「当センター」）のウェブサイトにて公開しているプログラムを利用する方（以下「利用者」）に本利用規約が適用されます。

1．本プログラムの著作権は当センターに帰属します。

2．本プログラムはフリー・ソフトウエアです。個人利用、業務利用に関わらず自由に使用できます。

3．本プログラムの動作に必要なファイルが含まれた形であれば、自由に複製し、頒布してかまいません。但し、本プログラムを使用し、第3者から対価を得ることは禁止します。

4．本プログラムに不具合があった場合であっても、当センターでは修復の義務を負いません。本プログラムの使用、または、本プログラムを使用できなかったことによって生じた如何なる損害について、当センターは一切責任を負いません。

5．本規約は、当センターが利用者に事前告知なく変更いたします。変更後の規約は、当センターのウェブサイトに掲載されたときに効力を発生します。

1. **SAKAS-CONV**
   1. **ファイル構成**

SAKAS\_Conv.exe 実行ファイル本体

SAKAS\_Conv.ini パラメータ保存用iniファイル

* 1. **利用方法**

サイノグラムを手動で作成する手順を以下に示す。なお、自動処理は3.4に記載。

* + - 1. SAKAS-CONV.exeをダブルクリックして起動すると、図2.1のメイン画面が表示される。
      2. 「Get Tag List」ボタンを押して、TAGファイルのホルダーを選択
      3. 同ホルダー内のTAGファイル一覧が表示される。
      4. 各TAGファイルを選択すると、その内容（ファイル名、データサイズ、投影数など）が表示される。なお、TAGファイルの詳細を確認したい場合は、「View Details」ボタンを押すと別Windowが開き、全てのパラメータを確認することが出来る。
      5. 「Open Image」ボタンを押して、各画像データが正常に表示されることを確認。
      6. 単純吸収か縞走査法（干渉計）か「Method」から選択。Fringe scanであればFringe scan numに縞の走査枚数を入力
      7. 「Check BK」ボタンを押して、背景画像が正常に表示されることを確認。なお、背景枚数が2枚以上の場合は、単純平均した画像が表示される。また、BK File1が空欄の場合は、本体ファイルから背景データを読み込む。読み込み中はファイルの番号がメモに表示される。「Only」がチェックされていると、その右の番号の背景だけを利用。
      8. 「Check Offset」ボタンを押して、オフセット画像が正常に表示されることを確認。なお、「Dumy」がチェックされている場合は、右隣の値が入力される。
      9. 「Div BK」ボタンを押して、m枚目の画像が背景除算され、正常に表示されることを確認。なお「WO BK」がチェックされている場合は背景除算しない画像が表示される。また、「-Ln」がチェックされている場合は、v=-ln(v)を計算した画像（線吸収係数）が表示される。
      10. 「Pro Div BK」ボタンを押すと全ての投影像（m=0～Projection）について、⑧と同じ処理を行い、File Nameに表示されたファイルが保存されているホルダーのサブホルダー「pro」に保存する。この際、「Binning」ボタンがチェックされていると2x2画素を1画素として処理を行う。「XY Swap」ボタンがチェックされていると、縦と横を入れ替えて保存する（ＣＴの回転軸が横方向の場合に利用）。「Median」がチェックされていると、3x3画素のメディアンフィルターを適用した画像が保存される。処理を途中で中止したい場合は「STOP」ボタンを押す。
      11. 「Check Sino」ボタンを押すと、⑨で生成されたデータを用いてサイノグラムを作成し、「sino」ホルダーに保存する。生成するスライスは「Slice」で指定。Z Av.に1グラフィカル ユーザー インターフェイス, アプリケーション

          自動的に生成された説明以上の整数が記入されている場合は、スライス方向に平均化して保存。

図2.1 SAKAS-Convのメイン画面

* 1. **各メニューの説明**

「Get Tag List」：ホルダー選択ダイアログが開くので、処理対象のTAGファイルが含まれたホルダーを選択。選択したホルダーに含まれているTAGファイルのリストが表示される。（拡張子だけで判断しているので、\*.tagとなっていれば、SAKASのTAGファイルでなくてもリストに追加される。）

「Make Sinos」：TAGファイルリストでチェックされたTAGファイルについて、順次サイノグラム作成処理を実施。

「Check All」：全てのTAGファイルを一括でチェック（反対にチェックを外すことも可能）

「File Name」：データファイル名。TAGファイルを選択すると自動で更新される。手動で入力することも可能。

「BK\* Name」：背景画像のデータファイル名。TAGファイルを選択すると自動で更新される。手動で入力することも可能。

「Dark Name」：オフセット画像のデータファイル名。TAGファイルを選択すると自動で更新される。手動で入力することも可能。

「Orig Width」：画像データの横方向の画素数

「Orig Height」：画像データの縦方向の画素数

「Image Width」：処理する画像データの横方向の画素数

「Image Height」：処理する画像データの縦方向の画素数

「Offset X」：横方向のオフセット画素数

「OffsetＹ」：縦方向のオフセット画素数

「Projection」：ＣＴの投影数

「Rot. Angle」：360度か180度。本処理では確認程度。

「BK Interval」：背景画像を取得した間隔。ＣＴの本計測の前後で実施した場合は、「Projection」数と一致。

「BK Num」：背景画像の枚数（1回の背景計測）

「Offset Bum」：オフセット画像の枚数

* 1. **バッチ処理方法**

1. 希望するサイノグラム作成の各パラメータ（Binning, Median, XY Swap, Slice範囲など）を該当箇所に記入。
2. 「Save Cond.」ボタンを押す。（各パラメータがTAGファイルに追記される。）
3. TAGファイルリストで、再度該当するTAGファイルを選択し、「Sino cond in Tag」が点灯することを確認。
4. 処理対象のTAGファイルについて①から③を繰り返し行う。
5. 処理対象TAGファイルをチェック（選択）する。全てのファイルをチェックする場合は、「Check All」をチェック
6. 「Make Sinos」ボタンを押す。
   1. **仕様**
      1. 読み込み可能可能なデータサイズ及び保存形式

最大縦：3200画素、最大横2600画素、16 bit 符号無し整数（WORD）

* + 1. 出力形式

64 bit 浮動小数点(Double)（pro, sinoとも）

1. **SAKAS-Unwrap**
   1. **ファイル構成**

SAKAS\_Unwrap.exe 実行ファイル本体

SAKAS\_Unwrap.ini パラメータ保存用iniファイル

* 1. **利用方法**

サイノグラムをアンラップ（位相回復）する方法を以下に示す。なお、自動処理は3.4に記載の手順と同じ。

* + - 1. SAKAS-CT.exeをダブルクリックして起動すると、図4.2のメイン画面が表示される。
      2. 「Get Tag List」ボタンを押して、TAGファイルのホルダーを選択
      3. 同ホルダー内のTAGファイル一覧が表示される。
      4. 各TAGファイルを選択すると、その内容（ファイル名、データサイズ、投影数など）が表示される。なお、TAGファイルの詳細を確認したい場合は、「View Details」ボタンを押すと別Windowが開き、全てのパラメータを確認することが出来る。

1. 「Load img」の右に読み込みたいファイル番号を入力
   1. 例）Slice 500枚目を読み込みたければ「500」と入力
2. 「Load img」ボタンを押してランラップ前の画像を読み込み、表示する（④だけではサイノグラムの番号が欠けているので、通常は’\_s\_’の跡に番号を入力する。）
3. 「Unwrap」ボタンを押すとアンラップを実行
4. 「Save」でアンラップしたサイノグラムを保存
5. なおアンラップの手順から成り立っている。
6. 「Calc Distance」：下の計算条件を用いて複素空間における各画素間の距離を計算
7. 「Sort」：Ａ）で算出した距離を短い順に並べる
8. 「Connect」：Ｂ）の順を元に、距離の短い領域から２πジャンプを計算して繋げていく

Fix Connectionは、その下の表に従って強制的に各領域間を繋げる

1. 「Unwrap」：Ｃ）では2πの階層（±n）しか計算しないため、Ｄ）でアンラップ位相を作成

グラフィカル ユーザー インターフェイス, アプリケーション

自動的に生成された説明

図4.1 SAKAS-Unwrapのメイン画面

* 1. **各メニューの説明**

「Get Tag List」：ホルダー選択ダイアログが開くので、処理対象のTAGファイルが含まれたホルダーを選択。選択したホルダーに含まれているTAGファイルのリストが表示される。（拡張子だけで判断しているので、\*.tagとなっていれば、SAKASのTAGファイルでなくてもリストに追加される。）

「Unwrap」：TAGファイルリストでチェックされたTAGファイルについて、順次サイノグラム作成処理を実施。

「Check All」：全てのTAGファイルを一括でチェック（反対にチェックを外すことも可能）

「File Name」：データファイル名。TAGファイルを選択すると自動で更新される。手動で入力することも可能。

「Orig Width」：画像データの横方向の画素数

「Orig Height」：画像データの縦方向の画素数(投影数)

「Image Width」：処理する画像データの横方向の画素数

「Image Height」：処理する画像データの縦方向の画素数(投影数)

「Offset X」：横方向のオフセット画素数

「OffsetＹ」：縦方向のオフセット画素数

「Calc Distance」：複素空間における２点間の距離の算出方法を選択

「Direction」：アンラップをどの方向から実施するか選択

「Ang」：２点間の距離に加えて、角度も計算に加味するか選択

「Fix Connection」：固定繋ぎを利用するか選択

* 1. **バッチ処理方法**

1. アンラップの範囲（Slice）を記入。
2. 「Save Cond.」ボタンを押す。（各パラメータがTAGファイルに追記される。）
3. TAGファイルリストで、再度該当するTAGファイルを選択し、「Unwrap cond. in Tag」が点灯することを確認。
4. 処理対象のTAGファイルについて①から③を繰り返し行う。
5. 処理対象TAGファイルをチェック（選択）する。全てのファイルをチェックする場合は、「Check All」をチェック
6. 「Make Sinos」ボタンを押す。
7. **SAKAS-CT**
   1. **ファイル構成**

SAKAS\_CT.exe 実行ファイル本体

SAKAS\_CT.ini パラメータ保存用iniファイル

cuda\_ct\_101.exe GPUを利用した再構成用外部プログラム

* 1. **利用方法**

断面像の再構成を手動で実施する方法を以下に示す。なお、自動処理は5.4に記載。

* + - 1. SAKAS-CT.exeをダブルクリックして起動すると、図5.1のメイン画面が表示される。
      2. 「Get Tag List」ボタンを押して、TAGファイルのホルダーを選択
      3. 同ホルダー内のTAGファイル一覧が表示される。
      4. 各TAGファイルを選択すると、その内容（ファイル名、データサイズ、投影数など）が表示される。なお、TAGファイルの詳細を確認したい場合は、「View Details」ボタンを押すと別Windowが開き、全てのパラメータを確認することが出来る。
      5. 「Open Sino」ボタンを押して、サイノグラムデータが正常に表示されることを確認。（④だけではサイノグラムの番号が欠けているので、通常は’\_s\_’の跡に番号を入力する。）
      6. 「Conv」ボタンを押して、SL関数をコンボリューションする。
      7. 「Filter」ボタンをおして、リングアーチファクト低減フィルターをかける。
      8. 「Find Center」ボタンを押して、CTの中心座標を見つけた後に、「Reconst」ボタンを押して、逆投影により断面像を再構成する。
      9. 「Reshape」ボタンを押して、周辺領域を0に設定する。
      10. グラフィカル ユーザー インターフェイス

          自動的に生成された説明「Series」ボタンを押すと、各番号のサイノグラムについて、予め設定した中心を用いて再構成計算して保存。

図5.1 SAKAS-CTのメイン画面

* 1. **各メニューの説明**

「Get Tag List」：ホルダー選択ダイアログが開くので、処理対象のTAGファイルが含まれたホルダーを選択。選択したホルダーに含まれているTAGファイルのリストが表示される。（拡張子だけで判断しているので、\*.tagとなっていれば、SAKASのTAGファイルでなくてもリストに追加される。）

「Reconst」：TAGファイルリストでチェックされたTAGファイルについて、順次再構成処理を実施。

「Check All」：全てのTAGファイルを一括でチェック（反対にチェックを外すことも可能）

「File info」-「File Name」：サイノグラムファイル名。TAGファイルを選択すると自動で更新される。手動で入力することも可能。

「File info」-「Orig image size」：サイノグラムの画像サイズ（横と縦（投影数））

「File info」-「Image size」：再構成に使用する画像サイズ（横と縦（投影数））

「File info」-「Offset」：オフセット画素数（横と縦（投影数））

「File info」-「(a,b)」：読み込む画像データについて、a倍してbを加算する。

「File info」-「-Ln」：画像データの読み込み時に-lnを作用する。

「File info」-「Median」：画像データの読み込み時にメディアンフィルターをかける。

「File info」-「Width Ext.」：画像データの読み込み時に左右の幅を拡張する。

「File info」-「Hol Cor.」：画像データの読み込み時に横方向の傾きを補正する。

「File info」-「Ver Cor.」：画像データの読み込み時に縦方向の傾きを補正する。

「File info」-「2Pi Cor.」：画像データの読み込み時に、ROI領域の値が-π～+πに収まるように補正する。（位相イメージング用）

「File info」-「Get ROI.」：2Pi補正に利用する領域(ROI)を画像表示Windowsから取得する。

「Conv」-「C factor」：フィルター関数のパラメータ。0でランプ関数、0.3でShepp-Logan関数になる。

「Conv」-「Min &Max」：フィルター関数をかけた後、設定した最小値以下或いは最大値以上だった画素値を、最小或いは最大値に置き換える。

「Conv」-「Check filter」：フィルター関数をグラフ表示

「Conv」-「Integration」：チェック時にフィルター関数をかける前に横方向に積分を行う。（屈折コントラスト及びタルボ干渉法用）

「Conv」-「FFT」：チェック時は高速フーリエ変換を用いて実施。未チェック時は実空間で実施。

「Conv」-「Offset correct」：入力された値だけ周波数面でフィルターをシフトしてフィルタリングを行う。（低周波成分を0とする。主にうねりの除去）

「Filter」-「Cut of Freq」：フィルターのカットオフ周波数を設定※

「Filter」-「Cut Degree」：フィルターのカットオフ時定数を設定

「Filter」-「Amp」：0における振幅（フィルターの強さ）を設定

「Filter」-「Auto Nrom」：チェック時、High pass filterのAmp入力すると、自動的にLow pass filterのAmpも計算して入力。

「Filter」-「Check filter」：Low pass及びHigh passフィルターをグラフ表示

「Reconst」-「Center」：再構成計算における中心を入力。

「Reconst」-「Pro」：サイノグラムが180度か360度かを入力。

「Reconst」-「Mag」：再構成時の拡大率を入力。（整数）

「Reconst」-「GPU」：GPUを利用した逆投影計算を行う場合は、チェックして外部ファイル名を入力。「GPU」をチェック（利用）しない場合は、n個の CPUを用いて計算する

「Reconst」-「Slice」「Center」各スライスにおける最適な中心値を入力する。「Calc」を押すと、左の2条件から算出した中心値を表示する。「Copy」を押すと、左の2条件を「Series」にコピーする。

「Reconst」-「Start angle」：再構成計算を始めたいオフセットの角度を入力。（各CT間で角度を一致させたい場合に利用）

「Reconst」-「Auto Center」：各スライス毎に自動でセンターを計算

「Reconst」-「Find Center」：Scan Widthの幅（Centerが±50）で0度と360度のラインプロファイルを比較して、自動で最適な中心位置を算出。

「Reshape」-「Enable reshape」：算出した断面像について、半径Outerより外側の領域をOuter valueで置き換える。「Auto」の場合は半径OuterとOuter+Ring widthのリング内の平均値で置き換える。

「Reshape」-「Min ＆ Max」：算出した断面像について、最小値以下或いは最大値以上の場合、各画素値を最小或いは最大値に置き換える。

「Reshape」-「Cor凸凹」：算出した断面像について、全体のオフセット（凸凹）を補正

「Reshape」-「Cor凸凹」：算出した断面像について、全体の傾きを補正

「Series」-「Slice」で指定した各サイノグラムについて、「Center」に入力された値から線形補間で算出した中心を用いて再構成像を連続して計算。スタート角度をシフトしたい場合は「ST. Ang」に入力。

「Series」-「Base File Name」：上記の連続再構成で対象とするファイル名を入力。Base File Name＋スライス番号のファイル（サイノグラム）の計算を行う。

「Series」-「File ext」：ファイルの拡張子を入力。Base File Name＋スライス番号+Fileextのファイル（サイノグラム）の計算を行う。

「Series」-「4Digit」：スライス番号が4桁表示（20ではなく0020など）の場合にチェック。

「Series」-「W/O conv」：フィルター関数をかけない場合にチェック。

「Series」-「Save to sub\_Dir」：再構成像をSinoファイルのサブディレクトリに保存する場合にチェック。

「Series」-「Save as orig size」：「File info」-「Width Ext.」で拡張した横幅を含めずに保存する場合にチェック。

* 1. **バッチ処理方法**

1. 希望する再構成の各パラメータ（Slice範囲、Centerなど）を該当箇所に記入。
2. 「Save Parm.」ボタンを押す。（各パラメータがTAGファイルに追記される。）
3. TAGファイルリストで、再度該当するTAGファイルを選択し、「CT cond in Tag」が点灯することを確認。
4. 処理対象のTAGファイルについて①から③を繰り返し行う。
5. 処理対象TAGファイルをチェック（選択）する。全てのファイルをチェックする場合は、「Check All」をチェック
6. 「Reconst」ボタンを押す。
   1. **仕様**
      1. 読み込み可能なデータサイズ及び保存形式

最大縦：3200画素、最大横2600画素、64 bit 浮動小数点(Double)

* + 1. 出力形式

64 bit 浮動小数点(Double)

* + 1. GPUについて

本プログラム（cuda\_ct\_101.exe）ではNVIDIAのCUDA10.1を利用して高速な逆投影を行っています。起動しない場合はCuda 10.1をインストールしてみてください。

参考文献

リングアーチファクト低減

米山明男、放射光マイクロ CT におけるリングアーチファクト低減の検討、P-4-3、第39回日本医用画像工学会大会（2020）