

2024年3月29日作成

2024年9月14日更新

SPring-8、BL20XU、 μ -CT、 nano-CT 測定、再構成マニュアル

株式会社 日産アーク

構造解析部 伊藤孝憲、稲葉雅之

1. ソフトの立上げ	
1.1 モニターの構成	3 ページ
1.2 ソフトの立上げ	3 ページ
2. μ -CT 測定	
2.1 μ -CT 測定の立上げ	3 ページ
2.2 試料セット、ハッチからの退出、X 線入射	4 ページ
2.3 試料の位置調整	4 ページ
2.4 μ -CT 測定	6 ページ
3. μ -CT データの再構成	
3.1 Tera Term の立上げ	7 ページ
3.2 作業フォルダへの移動	7 ページ
3.3 再構成	8 ページ
3.4 3次元表示	9 ページ
4. nano-CT 測定	
4.1 nano-CT 測定の立上げ	10 ページ
4.2 ROI の設定	10 ページ
4.3 nano-CT 測定	11 ページ
5. nano-CT データの再構成	
5.1 回転中心の確認、調整	12 ページ
5.2 再構成	13 ページ
6. 再構成のオプション	

1. ソフトの立上げ

1.1 モニターの構成

本ビームラインは現状 6 台のモニターを有する。基本的な役割としては以下になる。

図 1.1 モニターの構成参照

- ①：ハッチ内の映像
- ②：nano-CT 画面
- ③：放射光情報
- ④：CT 操作メイン画面
- ⑤： μ -CT 画面
- ⑥：再構成画面

1.2 ソフトの立上げ

図 1.1 のモニター④の CT_2024A (図 1.2.1 ソフトの立上げ参照) をダブルクリックする。

※測定中にソフトが落ちた際にも CT_2024A をダブルクリックする。

※CT_2024A のソフト名が変わる場合もある。

「Input or Select TPC ID」のウィンドウが開くので「Start」をクリックする。(図 1.2.2)

※図 1.2.2 と同じ IP アドレス・チェックマークの組み合わせであることを確認する。

※エラーが出る場合があるが、何度か「CT_2024A」を立ち上げなおすことで接続する。

ソフトが立上ると図 1.2.3 の 3 つのウィンドウが立上る。

- ①：CT2024ver02.22、測定条件の情報、制御
 - ※version によって名前が変化する。
- ②：Main stage controller、ステージ、試料位置の情報、制御
- ③：Sub stage controller、ステージ、試料位置の調整

2. μ -CT 測定

μ -CT 測定の操作に関して説明する。

2.1 μ -CT 測定の立上げ

②CT2024ver02.22 の「Mode Change」をクリックすると (図 2.1.1)、図 2.1.2④に示すように「Mode Change」のウィンドウが立上る。各モードは以下ようになる。(表 1)

macroCT： μ -CT、画素サイズ：約 500nm/pixel、視野：約 1mm×1mm×1mm、測定角度：180°、測定枚数：1800 枚(+102 枚)、測定時間 (1 画像)：30ms、トータル測定時間：5 分程度、全スライス数：2048 枚

nanoCT p：nano-CT+位相板、画素サイズ：約 20~30nm/pixel、視野：約 60 μ m×60 μ m

×(高さ方向)48 μ m (条件により異なる)、測定角度:180°、測定枚数:1800枚(+102枚)、測定時間(1画像):500ms、トータル測定時間:20分程度、全スライス数:1500枚(条件により異なる)

nanoCT a: nano-CT、吸収のみ(位相板なし)、画素サイズ:約20~30nm/pixel、視野:約60 μ m×60 μ m×(高さ方向)48 μ m(条件により異なる)、測定角度:180°、測定枚数:1800枚(+102枚)、測定時間(1画像):500ms、トータル測定時間:20分程度、全スライス数:1500枚(条件により異なる)

nanoCT p offset: nano-CT+位相板+オフセット測定、画素サイズ:20~30nm/pixel、視野:約100 μ m×100 μ m×(高さ方向)48 μ m(条件により異なる)、測定角度:360°、測定枚数:3600枚(+102枚)、測定時間(1画像):500ms、トータル測定時間:40分程度、全スライス数:1500枚(条件により異なる)

※上記の画素サイズ、視野は参考値。試料、条件によって変わる。また、統計精度を上げるために画素をマージすることも可能である。トータル時間は試料を回転させる時間も含まれている。

μ -CTを立ち上げる際には、「Mode Change」の「microCT」をクリックする。図2.1.3に示すように「microCT」が赤くなり、 μ -CTモードとなる。

次に μ -CTの検出器を認識させる。図1.1⑤のモニターの「HiPic 9.2」をクリックする。
※HiPic: High Performance Image Control System

図2.1.5のようにHiPic9のウィンドウが開く。検出器の情報(図2.1.5内の赤枠)が得られていれば接続可能なので「OK」をクリックする。検出器に接続されると図2.1.6のような画面になる。

※検出器が認識されない場合、「Ctrl」+「Alt」+「Delete」で「Task Manager」をクリックし、「HiPic/HPDTA」を選択、「End task」をクリックし、一度終了させ、再度、デスクトップ上の「HiPic 9.2」をクリックし立ち上げる。それでも検出器が認識されない場合はモニター⑤のPCを再起動する。再起動した際のパスワードは「bl20xu」である。PCが再起動したら、「HiPic 9.2」をクリックし、同様に進める。「Task Manager」利用後、再起動後、図2.1.6に示すように各モニターのキーボード、マウスの共用を確認されるが、「OK」、「Apply」をクリックすれば良い。

上記いずれでも改善しない場合、検出器の接続箇所の問題がある可能性が高い。その場合は、一度HiPicを落とした状態で検出器の電源を切り接続端子をつけなし、電源を入れてからHiPic操作をやり直す。

2.2 試料セット、ハッチからの退出、X線入射

測定試料を適切な位置にセットする。(緑色のレーザーの高さに合わせる。)z座標のストロークは±8mm。ハッチ退出から、X線入射手順を図2.2.1に示す。ハッチ内出口に向かって左側にある「HUTCH EXIT CONTROLLER」の「EXIT」ボタンを押す。アラーム音が

鳴る。ハッチ扉から離れる。(近づいていると閉まらない。) アラーム音が変わってから、アラームが鳴っている間にハッチ左側の「自動扉開閉」パネルの「扉閉」ボタンを押す。扉が閉まると「INTERLOCK OPERATIONAL CONTROLLER」の「AUTO Door」に「Lock」の表示がされる。その後に「SHUTTER CONTROL」の鍵を「ENABLE」に回す。これで X 線入射の準備ができたので、タッチパネルの「DSS」をタッチし、「Open」にする。

2.3 試料の位置調整

「DSS」を「Open」したがまだ試料には X 線が当たっていない。図 2.3.1 に示すようにモニター④の②「Main stage controller」の「Shutter Open/Close」をクリックし、シャッターを開ける。現在の開閉状態は「Shutter Open/Close」ボタンの下に表示される。次に試料位置の状態を X 線透過像の Live 像によって確認する。モニター⑤の「HiPic9」のツールバーから「Acquisition」をクリックし、「Live」を選択する。(図 2.3.2) 図 2.3.3 に示すように「C13440 acquisition control」ウィンドウが開く。「Live」をクリックすると「Live(0)(Zoom ×0.35)」のリアルタイムの X 線透過像のウィンドウが現れる。「Live」を止める場合は、「C13440 acquisition control」ウィンドウの「Freeze」をクリックする。

※「Live(0)(Zoom ×0.35)」が開くが、透過像が確認できない場合、外部の検出器(測定用)に繋がっている可能性がある。モニター⑤の適当な場所(他のウィンドウがない場所)で右クリックし「General option」を選ぶ。図 2.3.4 に示すように「All Options」ウィンドウが開く。「Worksetting」で「Camera」を選択し「Trigger Source」が「Internal」であることを確認する。「Live」では検出器は「Internal」を利用している。「External」になっていた場合、「Internal」を選択して「OK」をクリックする。

次に試料を動かし、測定場所を決定する。図 2.3.5 に示す「Main stage controller」を用いる。以下に「Main stage controller」について説明する。

A pos : Sample Rotation

①試料の回転に関する情報、制御、 $0.002^{\circ}/1\text{pulse}$

基本的には①の部分を利用。例えば 90 deg にチェックを入れて、「move」をクリックすると、 90° 回転する。

B pos : sample V (+: go up)

②試料の高さに関する情報、制御、 $0.5\mu\text{m}/1\text{pulse}$

プラス方向は試料が上昇し、試料の下方部分へ移動する。

基本的な使い方は②の部分の「Relative」の「pulse」に数字を入れ、キーボードの「↑」(試料が上昇)または「↓」(試料が下降)を押すと、入力した pulse 分移動する。例えば「100」pulse と入力すると入力した下には「 $50\mu\text{m}$ 」で表示される。「↑」を押すと「Position」は上昇し、「↓」を押すと「Relative」に「-」(マイナス)が表示され、「Position」は下降する。

Sub stage controller

③試料の横方向に関する情報、制御、 $0.1\mu\text{m}/1\text{pulse}$

sample rotation center X : 0° (0 deg)の時の横方向

sample rotation center Y : 90° (90 deg)の時の横方向

「rel」に puls 数を入れ「↑」または「↓」を押す。

「↑」: サンプルがリング側に移動

「↓」: サンプルがリング外側に移動

試料位置調整の手順

試料位置調整は「HiPic 9」の「Live」モードで実施する。

A. 0° (0 deg)での調整

・③「Sub stage controller」の「sample rotation center X」を動かして（「↑」、「↓」を押して）、試料を見つけ、適した場所に移動させる。

・②「B pos : sample V」の「Relative」に適当な値を入れ、動かして（「↑」、「↓」を押して）、適した高さにする。

B. 90° (90 deg)での調整

・①「A pos : Sample Rotation」の「90 deg」にチェックを入れて「move」をクリックする。
試料が 90° 回転する。

・③「Sub stage controller」の「sample rotation center Y」を動かして（「↑」、「↓」を押して）、適した場所に移動させる。

C. 再度 0° (0 deg)での調整

・③「Sub stage controller」の「sample rotation center X」を動かして（「↑」、「↓」を押して）、適した場所に移動させる。

以上で試料位置調整は終了

図 2.3.6 に再構成後に得られたスライス像と方向を示す。スライス像の番号が小さい方が試料上部となる。スライス像の左側：リング側、右側：側室側、下部：X線入射方向、上部：検出器方向となる。

2.4 μ -CT 測定

μ -CT 測定では検出器を切り替える。「HiPic 9」ウィンドウで「acquisition control」で必ず「Freeze」にする。適当な場所（他のウィンドウがない場所）で右クリックし、「General options」を選択し、図 2.4.1 の画面にする。「All Options」ウィンドウが開き「Worksetting」で「Camera」を選択し「Trigger Source」を「External」として「OK」をクリックする。図 2.4.2 に μ -CT 測定の初期の測定条件を示す。

Start : 0 pulse (0°)

Stop : 90000 pulse (180°) ※ $0.002^\circ / 1\text{pulse}$

Step : 50 pulse (0.1° 毎測定)

Back lash : 500 pulse

Exposure time : 30 msec (1枚の測定時間)

Total : 1902 image (全測定枚数)

図 2.4.3 に示すように「HiPiC 9」ウィンドウでツールバーの「Acquisition」の「Sequence...」を選ぶ。図 2.4.4 のように「Sequence control」の「Acquisition」の「No. of loops」の値を「CT 2024 ver.02.22」ウィンドウの「Total images」と同じ数にする。初期値では「1902」となる。変更したら「Start」をクリックする。正常であれば図 2.4.5 のように「SEQUENCE MODE」のウィンドウが表示される。次に図 2.4.6 のようにモニター④の「CT 2024 ver.02.22」ウィンドウの「START」をクリックする。図 2.4.7 のようにデータ保存用のフォルダを作り、その中にファイルを保存する。(筆者はデータ保存用フォルダ名とファイル名は同じにしている。) 図 2.4.8 のように試料名を確認される。良ければ「OK」をクリックする。その後、測定が開始される。図 2.4.9 に測定中の画面を示す。赤枠に透過像が示される。透過像の明暗が合ってなく、見にくい場合は赤矢印の「*」をクリックすると自動調整してくれる。

測定が終了すると図 2.4.10 のように「Finish Scan.」と表示され「OK」をクリックする。次に検出器に保存されているデータをサーバに保存する。図 2.4.11 に示すように「HiPic9」ウィンドウのツールバー「File」から「Save As...」を選ぶ。図 2.4.12 のようにデータ保存用に作成したフォルダにファイル名「a」として保存する。図 2.4.13 のように聞いてくるので「OK」をクリックする。データ保存中は図 2.4.14 中の赤枠の番号が動いている。「0001」で止まっていればデータの保存は完了している。データが保存されているフォルダ内に「output.bmp」とのファイルがあり図 2.4.15 に示すようにモニター④の画面が保存されている。

3 μ -CT データの再構成

再構成に用いる PC としては図 3 に示すようにモニター⑥または背面の PC の利用を推奨する。nano-CT の領域(ROI: 関心領域、Region Of Interest)を入力するにはモニター④を、ImageJ を利用して 3 次元で確認するには背面の PC の利用を勧める。

3.1 Tera Term の立上げ

再構成は「Tera Term」を用いてコマンド入力して実施する。まず、図 3.1.1 に示すようにモニター⑥または背面の PC の画面下のタスクバー、またはデスクトップの「Tera Term」のアイコンをクリックする。その後、図 3.1.2①のようなウィンドウが表示されるが「OK」をクリックする。次に②の画面が表示され「Passphrase」に「bl20xumed」と入力し、「OK」をクリックする。最終的には③の画面となり、コマンドプロンプトが現れ入力可能となる。

3.2 作業フォルダへの移動

コマンド入力する際には、作業を行う(データが保存してある)フォルダ(ディレクトリ)に移動する必要がある。図 3.1.2③の一番下の行を見ると現在「pool2」フォルダにいること

が分かる。そこでこの「pool2」にどのようなフォルダ、ファイルが入っているか調べる。
図 3.2.1①のようにコマンド入力しリターンする。

```
>ls↵
```

※ls : list segments、フォルダの中身を表示するコマンド

すると「pool2」には図 3.2.1②のようなフォルダが入ってことが分かる。CT のデータは「pool」に入っているので、図 3.2.1③のようにコマンド入力し、「pool」に移動する。

```
>cd pool
```

※cd : change directory、フォルダ移動のためのコマンド

※「pool@」内に「po」で始まるフォルダがないので

```
>cd po 「tab キー」で
```

```
>cd pool/
```

と表示される。

※上のフォルダに戻る時には以下のコマンドになる。

```
>cd ..
```

更に「pool」の中のフォルダを調べる。(図 3.2.1③)

```
>ls↵
```

図 3.2.1④のようにデータを保存したフォルダ「2024.03.29_ito」に移動する。

```
>cd 2024.03.29_ito↵
```

「2024.03.29_ito」の内容を調べる。

```
>ls↵
```

今回は「2024.03.29_ito」内の「micro」にデータを保存したので、「micro」に移動する。

```
>cd micro↵
```

図 3.3.1①の状態コマンド入力することで「micro」内のデータを再構成可能となる。

3.3 再構成

まず、再構成するためにデータを変換する。以下のように入力する。

```
>conv↵
```

変換終了すると図 3.3.1②のようになる。また、入射 X 線の条件 (モニター③が表示している) が示される。次に真ん中付近のみを再構成する。(今回の μ -CT の場合、2048 枚のスライス像なので 1024 枚目とする)

```
>reconst 1024↵
```

終了すると図 3.3.1③のように表示される。

「Rotation center」(回転中心)はこの後の全体の再構成に必要な情報となる。今回は図 3.3.1③の赤線に示すよう「1026.5」レイヤーが回転中心となる。 μ -CT で回転中心が合わないことはまずないが、合わなかった場合には nano-CT の再構成の項 (5) を参照する。フォルダ内に 1024 枚目のみ再構成された「rec1024.tif」が保存される。「imageJ」(画像ソフ

ト) を立上げ (図 3.3.2 のアイコンをクリック) にドロップすと、画像が開く。(図 3.3.3①)
開いたままでは見にくいのでコントラスト調整する。「ImageJ」のツールバーから「Image」、
「Adjust」、「Brightness/Contrast...」を選ぶ。(図 3.3.3②) 「B&C」のウィンドウが現れ、
その中の「Auto」をクリックすると見やすくなる。(図 3.3.3③)

次に全画像の再構成を行う。以下のように入力する。

```
>src_cude 0 1026.5 2047 1026.5 0.494 8↵
```

数値の意味を以下に示す。

src_cude 1 枚目 1 枚目の回転中心 最後の枚数 最後の回転中心 画素サイズ (μ
m/pixel) 保存ビット数

今回は

1 枚目 : 0

1 枚目の回転中心 : 1026.5

最後の枚数 : 2047

最後の回転中心 : 0.494

保存ビット数 : 8

終了した場合

copy data to jp ...

と表示され入力画面となる。フォルダ内に「L1」と「L2」のフォルダが作成されるが

L1 : 16bit データ

L2 : 8it データ

となる。

3.4.3 次元表示

これから nano-CT 測定を行う際、測定領域 (ROI) を決定するために 3 次元表示は不可
欠となる。サーバ上のデータを扱うと表示が遅いので、背面にある PC にデータをコピーし
て 3 次元表示する。

※実験終了の際にはコピーしたデータは必ず削除する。

まず「pool」から 3 次元表示したいデータ (L1 または L2 フォルダ) を背面 PC のディスク
トップにコピーする。フォルダを「ImageJ」のツールバーにドロップする。図 3.4.1 の表示
ができるが「OK」をクリックする。開いたままでは見にくいのでコントラスト調整を行う。

「ImageJ」のツールバーから「Image」、「Adjust」、「Brightness/Contrast...」を選ぶ。「B&
C」のウィンドウが現れ、その中の「Auto」をクリックすると見やすくなる。以下で拡大縮
小、ページ送りができる。(図 3.4.3)

↑ : 拡大

↓ : 縮小

→ : ページ送り

←：ページ戻り

3.5 nano-CT 観察領域 (ROI) の決定

ROI を設定するためには以下の情報が必要である。

ImageJ での

x 座標

y 座標

layer 数、何枚目 (z 座標)

まず、「→」、「←」を用いページを移動し、nano-CT 測定したい layer を決める。layer 数は像の上部に表示される。(図 3.5.1) 次に観測したい場所にカーソルを合わせる。ImageJ のツールバーに x,y 座標の情報が示される。今回は

x : 942

y : 1068

layer : 378

を後ほど「ROI CT position」に入力する。

4. nano-CT 測定

次に nano-CT 測定に関して説明する。基本、 μ -CT 測定を行った後で nano-CT 測定となる。

4.1 nano-CT 測定の立上げ

図 4.1.1 に示すようにモニター④の「Mode Change」ウィンドウで「nanoCT p」をクリックする。変更が終わると「Mode change finished」と表示され「nanoCT p」が赤くなる。nano-CT では ROI が重要になるのでモニター④の「CT 2024 ver02.22」の「ROI position」をクリックし、「ROI CT position」を表示させる。

※今回は nanoCT p (nano-CT+位相板) を例に説明するが、基本、他の手法でも手順等は変わらない。

nano-CT の初期測定条件を以下に示す。

Start : 0 pulse (0°)

Stop : 90000 pulse (180°) ※0.002° /1pulse

Step : 50 pulse (0.1° 毎測定)

Back lash : 500 pulse

Exposure time : 500 msec (1 枚の測定時間)

Total : 1902 image (全測定枚数)

「HiPic9」の立上げは μ -CT と同様である。nano-CT の場合、試料位置調整は ROI で行うので「Live」は基本的に行わない。よって、「HiPic9」のウィンドウの適当な場所 (他の

ウィンドウがない場所) で右クリックし、「General options」を選択し、「All Options」ウィンドウが開き「Worksetting」で「Camera」を選択し「Trigger Source」を「External」として「OK」をクリックする。

4.2 ROI の設定

nano-CT は μ -CT を観測した後に、関心のある部分を ImageJ で特定し、「ROI CT position」に x 座標、y 座標、layer の情報を入力して、試料位置を微調整する。図 4.2.1 に「ROI CT position」を示す。現状、ROI として 6 箇所入力可能である。有効にする場合には図 4.2.1 の各 ROI 設定のチェックを一ヶ所のみ入れる。今回は「ROI-1」を有効にする。

μ -CT で読み取った以下の情報を図 4.2.1 の青枠に入力する。

x : 942

y : 1068

layer : 378

その後、確認のために「Calculate」をクリックし、実際に「ROI-1」の場所に移動する際には「ROI-1」の「GO」をクリックする。

※原点 (microCT stage position) は μ -CT を測定した際に読み込まれる。

4.3 nano-CT 測定

基本、 μ -CT と同様である。モニター②の「HiPiC 9」ウィンドウでツールバーの「Acquisition」の「Sequence...」を選ぶ。「Sequence control」の「Acquisition」の「No. of loops」の値を「CT 2024 ver.02.22」ウィンドウの「Total images」と同じ数にする。初期値では「1902」となる。変更したら「Start」をクリックする。正常であれば「SEQUENCE MODE」のウィンドウが表示される。次にモニター④の「CT 2024 ver.02.22」ウィンドウの「START」をクリックする。データ保存用のフォルダを作り、その中にファイルを保存する。(筆者はデータ保存用フォルダ名とファイル名は同じにしている。) 図 2.4.8 のように試料名を確認される。良ければ「OK」をクリックする。

測定が終了すると「Finish Scan.」と表示され「OK」をクリックする。次に検出器に保存されているデータをサーバに保存する。「HiPic9」ウィンドウのツールバー「File」から「Save As...」を選ぶ。データ保存用に作成したフォルダにファイル名「a」として保存する。確認されるので「OK」をクリックする。データ保存中は「イメージ」の番号が動いている。「0001」で止まっていればデータの保存は完了している。データが保存されているフォルダ内に「output.bmp」とのファイルがありモニター④の画面が保存されている。

5 nano-CT データの再構成

図 5 に μ -CT と nano-CT の再構成したスライス像を示す。このように μ -CT の座標を読んで nano-CT で拡大観察することが可能となる。本項では nano-CT の再構成について説

明する。基本的には μ -CTと同様である。保存したデータまで移動する。まず、データを変換する。

```
>conv↵
```

中心付近である 750 枚目のみ再構成する。

```
>reconst 750↵
```

表示される「Rotation center」(回転中心)はこの後の全体の再構成に必要な情報となる。フォルダ内に 750 枚目のみ再構成された「rec750.tif」が保存される。「imageJ」(画像ソフト)を立上げにドロップすると、画像が開く。ただし nano-CT の場合、回転中心が合わない場合があるので次項で回転中心の合わせ方を説明する。

5.1 回転中心の確認、調整

図 5.1.1 に回転中心が合っている再構成像、図 5.1.2 にあってない再構成像を示す。このように CT にとって回転中心は明瞭な像を得るために重要なパラメータである。回転中心が合っている場合、100nm 程度の分解能を有する。回転中心が合っていない場合には、円弧のようなものが確認される。図 5.1.1(a)のように下向きの円弧場合、観点中心が実際より試料の下部(スライス番号が大きい方)で回転中心が設定され再構成されている。一方、図 5.1.1(b)のように円弧が上を向いている場合は実際より試料上部(スライス番号が小さい方)で回転中心が設定され再構成されている。以下に回転中心の合わせ方を示す。

まず、「reconst 750」で得られた回転中心を参考に、その回転中心を中心値として回転中心の値を変化させ、10 点再構成する。図 5.1.3 に「reconst 750」の結果を示す。推奨される回転中心は「951.0」となる。そこでまず回転中心「951.0」を中心に前後 5 枚 50pixel 間隔で再構成する。以下のように入力する。

```
>reconst 750 951.0 -c 50↵
```

750：再構成したいレイヤー

951.0：推奨された、想定している回転中心

-c：回転中心をずらしながら再構成するオプション

50：ステップ数

図 5.1.4 に示すようにファイルが作られる。ファイル名の「750」が再構成したレイヤー数「701」～「1251」は回転中心のレイヤー数である。これらの像をあるフォルダ(サーバー上には作らず、PC のデスクトップに作成する。)に格納し、フォルダごと、ImageJ のメニューバー上部にドロップする。「Open Folder」の「Use Vertical Stack」に \checkmark を入れ「Yes」をクリックする。すると画像が生成される。下部のバー、またはキーボードの矢印 8 「←」または「→」で次の像に移動することが可能である。見にくい場合には図 5.1.5 に示すよ

うにコントラストを調整する。ImageJ の上部ツールバーから「Image」→「Adjust」→「Brightness/Contrast」を選択し、「B&C」のウィンドーを出して「Auto」をクリックしてから「Set」をクリックする。「Set Display Range」で「Propagate to all other open images」に✓を入れて「Set」をクリックする。図 5.1.6 に回転中心を変えたレイヤー750 枚目の再構成像を示す。回転中心「701」枚目から始まり、徐々にピントが合い回転中心「951」で最も明瞭となり、更に回転中心のレイヤー数が大きくなると再度ピントがずれてくることが分かる。次に「951」を中心に 10pixel 毎で再構成し回転中心を確認。さらに 5pixel 毎、1pixel 毎と確認し、最終的な回転中心を決める。「0.5pixel 毎」まで実施することが可能である。

```
>reconst 750 951.0 -c 10↵ (10pixel 毎)  
>reconst 750 X -c 5↵ (5pixel 毎) X : 10 枚毎で確認した回転中心  
>reconst 750 Y -c 1↵ (1pixel 毎) Y : 5 枚毎で確認した回転中心  
>reconst 750 Z -c 0.5↵ (0.5pixel 毎) Z : 1 枚毎で確認した回転中心
```

本例では「0.5」pixel 毎まで検討し、回転中心を「950.5」とした。その結果を図 5.1.7 に示す。

5.2 再構成

回転中心が決まったので全て再構成を実施する。同じディレクトリで以下のように入力する。

```
>srec_cude 0 950.5 1499 950.5 0.0323 8↵
```

0 : 再構成始めるレイヤー数、基本「0」

950.5 : 検討した回転中心

1499 : 再構成する最後のレイヤー

0.0323 : 画素サイズ、単位： μm (条件ごとに変化する)

8 : 8bit のデータを保存

上記を実施することで同ディレクトリに L1、L2 のフォルダができる。

L1 : 16bit 像

L2 : 8bit 像

また、同ディレクトリに「rec.log」とのファイルが生成される。本 log 内に再構成の条件が記載されている。

Layer1 and Center1 : 再構成始めるレイヤーとその回転中心

Layer2 and Center2：再構成した最後のレイヤーとその回転中心
pixelsize and offset：画素サイズ (μm) と offset

6 再構成のオプション

nano-CT p offset によって測定したリチウムイオン電池ラミネートセルを例に再構成のオプションについて説明する。

測定条件を以下に示す。

モード：nano-CT p offset

測定角度： 360°

測定枚数：3600

測定時間 (1 画像)：250ms

レイヤー数：750

画素サイズ：65.6nm

視野： $98\mu\text{m} \times 98\mu\text{m} \times 48\mu\text{m}$

offset：on

6.1 off set の再構成

μ -CT、nano-CT と同様に透過像を任意のフォルダに保存し、

```
>conv↵
```

off set の場合、再構成する際に回転中心を入れる必要がある。最初にどの程度の値を入れるかは BL 担当者に確認する。今回は回転中心を 900 として、10 枚ステップで回転中心を変化させ、適した回転中心を見出す。

```
>reconst 375 900 -o -c 10
```

reconst：1 レイヤーのみ再構成するコマンド

375：再構成するレイヤー

900：初期値として試す回転中心

-o：off set 画像を再構成するオプション

-c：回転中心を変えながら再構成するオプション

10：10 枚ステップで回転中心を変えて再構成

この後は nano-CT と同様に、10 枚ステップの結果を元に、5、2、1、0.5 枚ステップなどを実施し、正確な回転中心を求める。本例では 1 枚ステップまで検討し回転中心を「946」と

した。その結果を図 6.1.1 に示す。若干中心が暗い。

回転中心が求まったので再構成を実施する。

※実は 0.5 枚ステップまで行い回転中心を「946.5」とし再構成すると像が写らなかった。

```
>srec_cuda 0 946 749 946 0.0656 8 -o
```

srec_cuda : 再構成のコマンド

0 : 再構成の初めのレイヤー

946 : 回転中心

749 : 再構成する最後のレイヤー

946 : 回転中心

0.0656 : 画素サイズ (μm)

8 : 8bit の画像保存

-o : off set 再構成のオプション