

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：82110

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26600145

研究課題名(和文) マルチアレイコリメータを用いた超高分解能中性子イメージング技術の開発

研究課題名(英文) Development of ultra-high resolution neutron radiography

研究代表者

大澤 崇人(Osawa, Takahito)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 量子ビーム応用研究センター・研究副主幹

研究者番号：70414589

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：中性子イメージングは物質内部を非破壊で観察できる優れた技術であるが、空間分解能が低いという欠点がある。そこで1.5 $\mu\text{m}$ 厚のアルミニウムと25 $\mu\text{m}$ 厚のガドリニウムのフォイルを積層させた特殊構造を持ったマルチアレイコリメータを製作し、超高分解能の中性子イメージング技術の開発に挑戦した。フォイルをそれぞれ388枚積層させたブロック2つを90度ずらした状態でハウジングに固定した。またスキャン撮像に使用するピエゾステージの制御プログラムを開発した。装置の評価実験は再稼働しないJRR-3に代わりJ-PARCで行う予定であったが、加速器が計画外停止してしまったため研究期間中の評価実験は行えなかった。

研究成果の概要(英文)：The neutron imaging is an excellent technology that can nondestructively observe the inside of the material but its spatial resolution is not high. We challenged the development of the neutron imaging technology with ultra high resolution. We produced a special collimator with many small holes to which neutron penetrates. The collimator was composed of aluminum foils with 1.5 $\mu\text{m}$  thickness and the gadolinium foils with 25 $\mu\text{m}$  thickness, and the foils had been accumulated alternately. The control program for the piezo stage used for the scanning taking picture was developed. Because JRR-3M did not operate again the demonstration of the imaging device was scheduled to do with J-PARC. However, the accelerator had stopped by the water leak of the mercury target for a long time, the experiment was not able to be done during the study period.

研究分野：分析科学

キーワード：中性子イメージング

様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

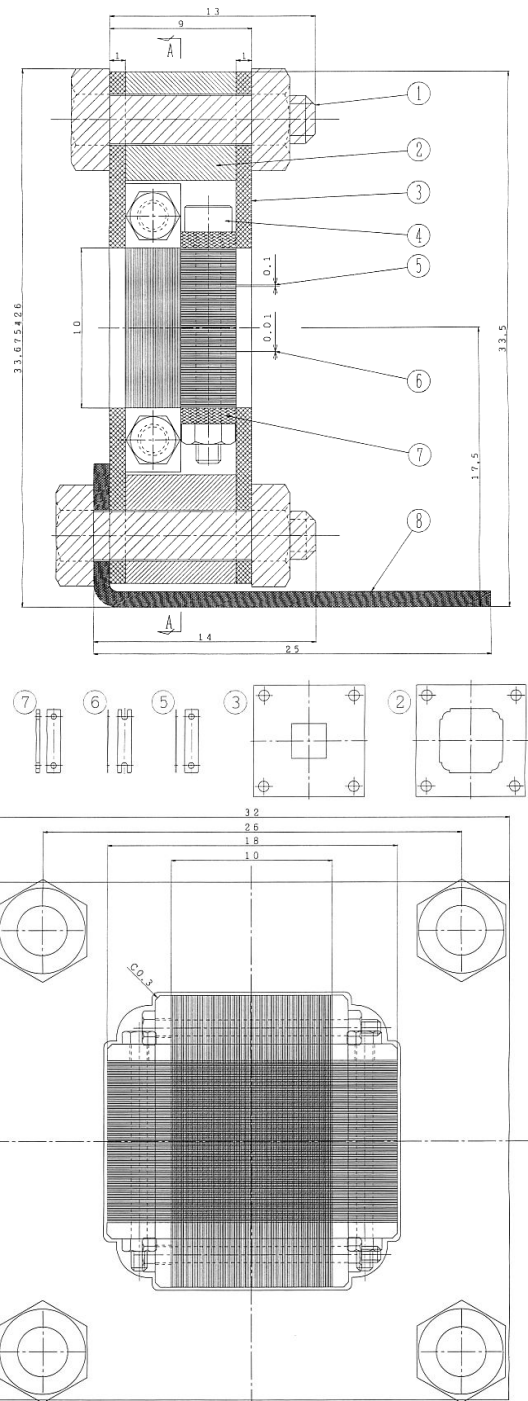
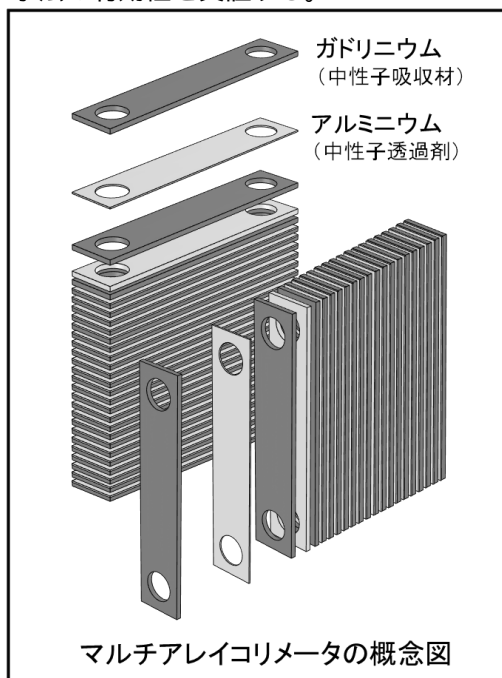
1. 研究開始当初の背景

中性子イメージングは物質内部を非破壊で観察できる優れた技術である。中性子はX線では透過できない厚みのある試料の内部構造や、水（水素）の構造を可視化できる非常に有益なツールであり、燃料電池内部の水分布の可視化などにも応用されている。

申請者ら、はやぶさ2 サンプリングチームは現在、来年打ち上げ予定の小惑星探査機はやぶさ2が回収予定の小惑星試料をいかにして分析するかを検討している。はやぶさ2は生命の起源物質を求めて水と有機物に富む小惑星を目指すため、水と有機物の分析が最も重要である。そこで、水の分布状態を非破壊で可視化する手法として中性子イメージングの可能性が検討された。固体試料の内部に含まれる水の分布の観察は、X線や赤外線など他の手法では不可能である。しかしながら、現状の中性子イメージングでは空間分解能が100 $\mu\text{m}$ 程度であり、ミクロン単位の組織観察を行う必要がある地球外物質に応用することは不可能で、この計画は頓挫してしまっただけでなく、しかし申請者はこの現状を打開するために、本研究にて既存の中性子イメージングを圧倒する空間分解能を有した超高分解能中性子イメージング技術の開発に挑戦する。

2. 研究の目的

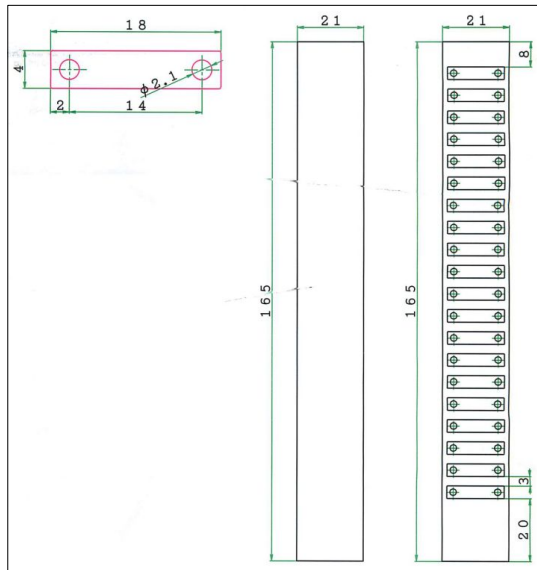
本研究では、世界最高の空間分解能を有する中性子イメージング技術の確立を目指す。ガドリニウムとアルミニウムのフォイルを積層させたブロックを2個組み合わせて多数のピンホールを形成し、これを試料下流に設置して散乱成分を除去する。コリメータをピエゾステージでスキャンさせ、画像処理によって1000万画素の1枚の画像に合成する。本研究期間では装置開発と性能評価を行ない、本手法の有効性を実証する。



マルチレイコリメータの図面

3. 研究の方法

開発するマルチレイコリメータは1.5 $\mu\text{m}$ 厚のアルミニウムと25 $\mu\text{m}$ 厚のガドリニウムのフォイルを積層させた特殊構造を持つ。アルミ箔は極めて薄く、加工が困難であったため、ガドリニウム箔と接着する技術開発を行い、全ての箔を接着した。清浄な雰囲気中でアルミ箔を接着したガドリニウム箔を正確に切り抜くための技術開発を行った。種々の加工技術を検討したが、金型を製作してプレス抜き加工で製作する手法が最も適していたため採用した。この方法が最もバリの発生を抑えられたためである。プレス抜きにより、



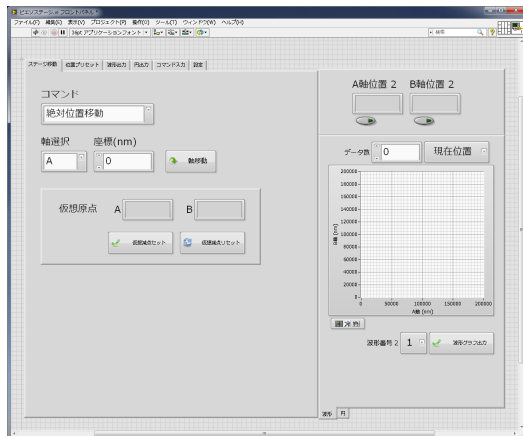
**プレス抜きの方法**

約 800 枚のフォイルを製作した。フォイルの両端には 2 つの穴が開けられており、ここにネジを通すことでフォイルのズレを防ぐ。積層したフォイルは平面性の極めて高い圧縮板で挟まれ、水平を出す。フォイルをそれぞれ 388 枚と 1 枚のテフロンフィルムを積層させたブロックを 2 つ製作し、90 度ずらした状態でコリメータハウジングに固定した。

次にスキャン撮像に使用するピエゾステージの制御プログラムを LabVIEW にて開発した。

#### 4．研究成果

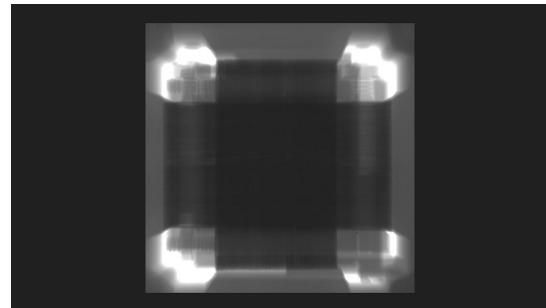
中性子を利用した実験をすぐに実行することができなかつたため、製作したコリメータの内部構造を透過観察する目的で X 線 CT を撮影した。しかし構造があまりにも緻密であったため内部の積層構造を撮影するには至らなかつた。



**開発した制御プログラム**

当初、評価実験は JRR-3M で行う予定であ

ったが、研究炉の再稼働は研究期間中に叶わなかつたため断念した。そこで J-PARC にて実証実験を行うこととしたが、予定していた実験を前に水銀ターゲットの水漏れが発生して加速器が長期間計画外停止してしまったため、残念ながら研究期間中の評価実験は断念せざるを得なかつた。



**撮影した X 線透過像**

#### 5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大澤 崇人 (OSAWA Takahito)  
国立研究開発法人 日本原子力研究開発  
機構・原子力科学研究部門 量子ビーム応  
用研究センター・研究副主幹  
研究者番号：70414589

(2) 研究分担者

飯倉 寛 (IIKURA HIROSHI)  
国立研究開発法人 日本原子力研究開発  
機構・原子力科学研究部門 量子ビーム応  
用研究センター・研究副主幹  
研究者番号：30414593

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：