


(※本報告書は英語で記述してください。ただし、産業利用課題として採択されている方は日本語で記述していただいても結構です。)

 MLF Experimental Report	提出日 Date of Report
課題番号 Project No. 2012B0072 実験課題名 Title of experiment 波長選別型中性子イメージングによる鋳造プロセスの評価 実験責任者名 Name of principal investigator 野瀬 裕之 所属 Affiliation 株式会社 IHI	装置責任者 Name of responsible person 及川 健一 装置名 Name of Instrument/(BL No.) 中性子源特性試験装置 NOBORU (BL10) 実施日 Date of Experiment 平成 25 年 1 月 15 日 ~ 17 日

試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、結論等を、記述して下さい。(適宜、図表添付のこと)
 Please report your samples, experimental method and results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 試料 Name of sample(s) and chemical formula, or compositions including physical form.
本試験では、以下の試料を対象とした。 ① α -鉄 ② ニッケル基合金(鋳造品) ③ TiAl 合金(鋳造品) ④ ニッケル基合金(鍛造品) このうち、ニッケル基合金、TiAl 合金は、ひずみの面的分布の計測を主な目的とした。また、 α 鉄は中性子の飛行距離を補正することを目的に、ブラッグエッジの出る波長が既知の試料として計測した。

2. 実験方法及び結果(実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。) Experimental method and results. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.
(1) 実験方法 1 で挙げた試料に対して、エネルギー選別型イメージングを行った。線源の条件は、内装コリメータを口47mm、ロータリーコリメータは”small”とした。 検出器には 256 チャンネルの Li ガラスシンチレータ(検出領域: 48×48mm; 図 1 参照)を使用し、時間分解能 5us にて各ピクセルで検出する中性子の数をカウントした。測定試料は、図 2 に示すように 2 つに分け、各々13 時間程度カウントの蓄積を行い、さらにシェーディングデータ取得のため、試料を配置せずに 10 時間程度計測を行った。また、図 3 に、ピクセル番号と、各測定試料との位置関係を示す。 (2) 結果・考察 ある格子面間隔 d と、対応するブラッグエッジの出現する波長は、 $\lambda = 2d$ の関係にあるので、これに従い、各々の試料の格子定数を評価した。 ① α -鉄 図 4 に中性子透過率スペクトルを示す。特徴的なエッジが多数見られる。エッジの出る波長と、鉄の格子定数(2.86 Å)とを照らし合わせ飛行距離の算出を行った。その結果、飛行距離として 14.169m を得た。

2. 実験方法及び結果(つづき) Experimental method and results (continued)

② ニッケル基合金(鑄造品)

鑄造にて製作したニッケル基合金の、中性子透過率スペクトルを図5に示す。図4-(a)は中心部の1ピクセルのものであるが、スパイク的な波形が見られている。これは、鑄造品は粒径が約1mmと大きく、1つのピクセルで計測する結晶粒の数が小さいため、特定の少数の方位でのみ回折を起こしている結果と考えられる。

一方、図5-(b)に、試料全体(約100cm²)で平均化したスペクトルを示す。4.2 Å, 3.9 Å, 3.6 Å, あたりにエッジらしき形状が見られた。大面積で平均することで、回折を起こす方位が増加し、その結果エッジ形状が認識できたものとする。以上から、本試料のように粒径の大きなものについては、特徴的なエッジを得ることが困難であり、分析方法も新たに検討する必要がある。

また、このNi基合金の結晶構造は面心立方格子であり、格子定数は3.61 Åなので、4.2 Å, 3.6 Åの各々のエッジは、(111)面、(200)面に対応すると考えられる。

③ TiAl合金(鑄造品)

図6に、鑄造にて製作したTiAl合金の中性子透過率スペクトルを示す。小さいながらも、5.6 Å付近にエッジらしき構造が確認でき、TiAlの格子定数(4.0 Å)から、(110)面に対応するピークと考えられる。

図7に、このエッジをフィットした結果を示す。統計精度がやや足りないためか、フィッティング誤差がやや大きい。TiAl合金の構成元素のうち、Tiの散乱長が負であることから、エッジは小さく、したがってエッジ部を十分な精度で計測するには、より多くの中性子が必要になるものと考えられる。

④ ニッケル基合金(鍛造品)

図8に、Ni基合金の鍛造品の中性子透過率スペクトルを示す。鍛造条件の異なる2種の試料について示してあるが、いずれも鑄造品に比べると明確なエッジが見えている。いずれの試料においても、低波長側のエッジはクリアであるが、4.16 Å, 3.61 Åのエッジ(各々、(111)面、(200)面に対応)は形状に乱れが生じている。この理由として、鍛造の過程において結晶状態に異変があったことが考えられる。その詳細は、エッジの解析からだけでは判断することは困難であり、中性子回折法など、結晶解析手法として確立されている別の方法で検証する必要がある。

図9にエッジフィットした結果を示す。エッジ形状の乱れた4.2 Å付近のエッジ(図9-(a))よりも、エッジの形状がクリアな2.56 Å((220)面に対応)付近のエッジの方が小さな誤差でフィットできている。さらに、図10にエッジ位置から推定したひずみの分布を示す。端部に向かうにつれてひずみが増加していく。また、結晶方位の違いによるひずみの変化もわかる。

(3) 結論

本課題では、主にジェットエンジンの部品に利用される材料を対象に、鑄造品および鍛造品のエネルギー選別型イメージングを行った。

鑄造品については、Ni基合金の鑄造品のように粗大結晶粒の材料については、明確なエッジが確認できず、ひずみや結晶状態の分析は、現状では困難であることが分かった。また、TiAl合金については、Tiの散乱長が負であり回折を起こしにくいことから、十分な精度でのエッジを検出するに至らなかった。また、見えているスペクトル構造がブラッグエッジであることを確認するためにも、中性子回折法等別の計測と比較する必要がある。

鍛造品については、明確なエッジが見られ、結晶状態やひずみの分析が可能であった。しかし、長波長におけるエッジ形状に乱れがあり、やはり中性子回折法等で、本実験の計測結果を検証する必要がある。

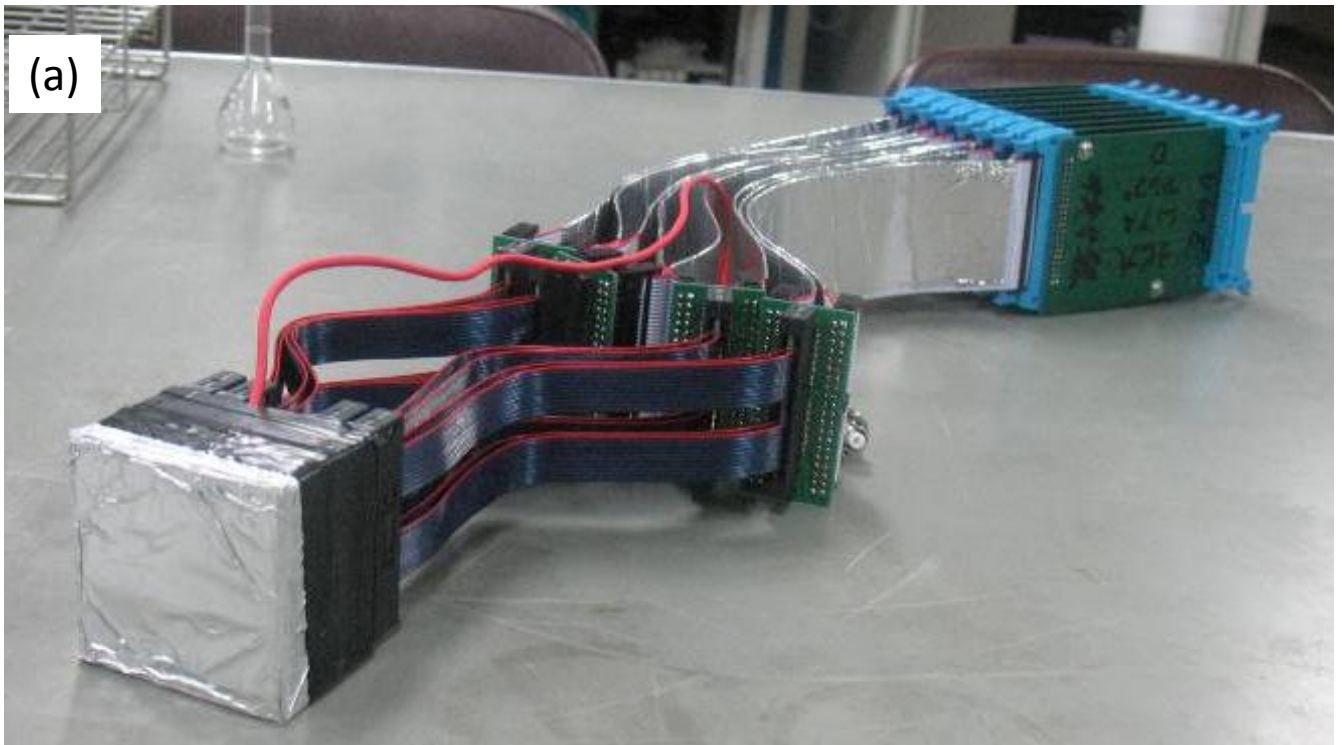
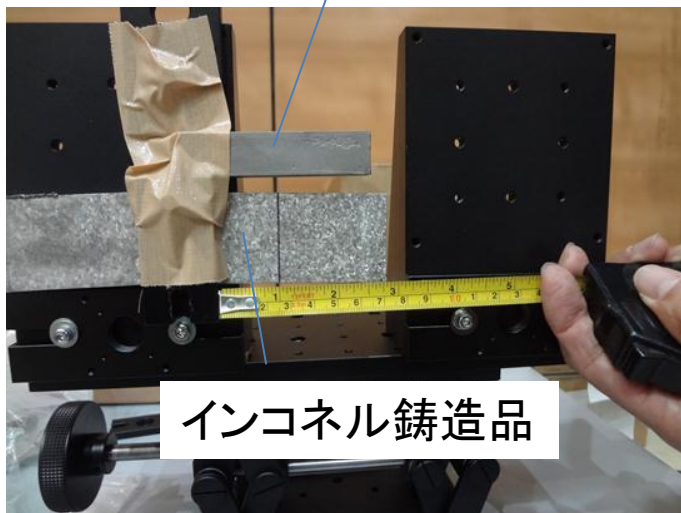


図1 Liシンチレーション式検出器系
(a): シンチレータ, フォトマル, プリアンプ
(b): 計測モジュール

TiAl 鑄造品



インコネル(鍛造品)

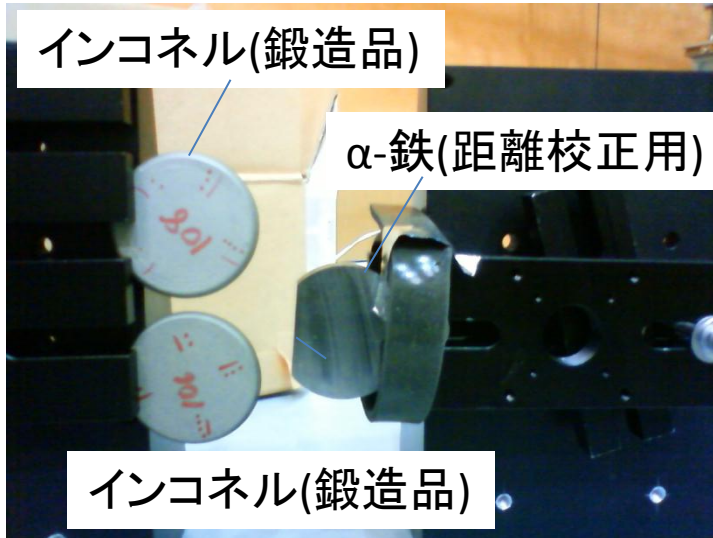


図2 計測に用いた試料(ビーム方向から見たもの)

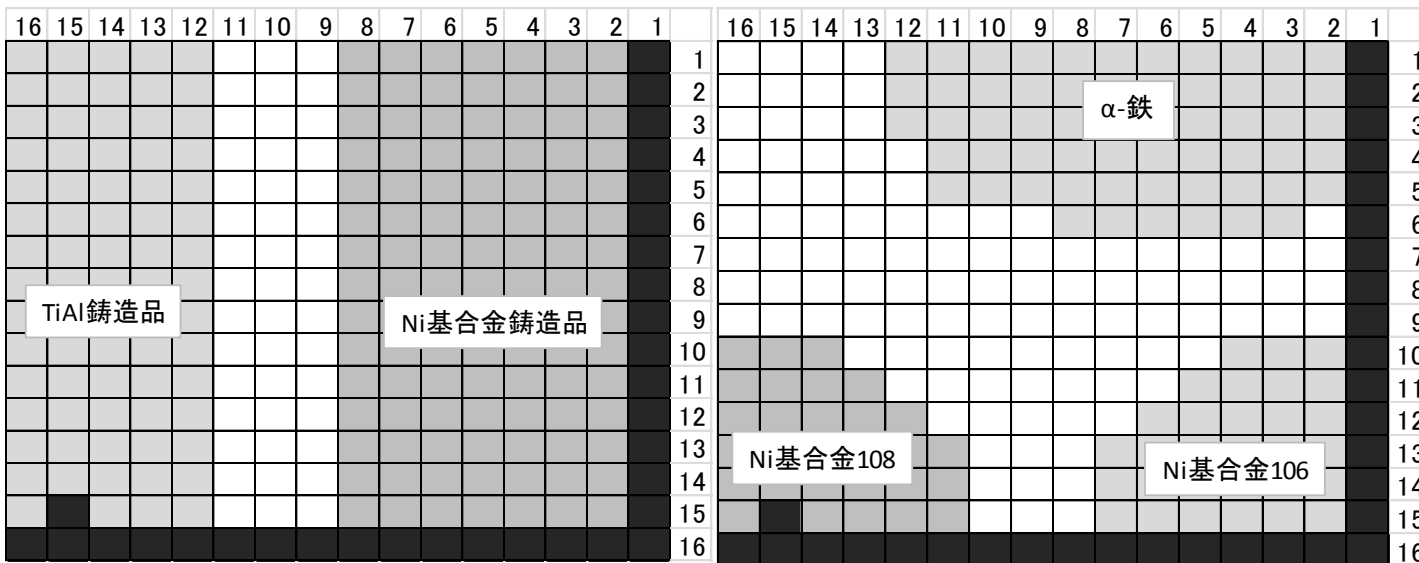


図3 計測に用いた試料とLiシンチレータのピクセル番号との対応

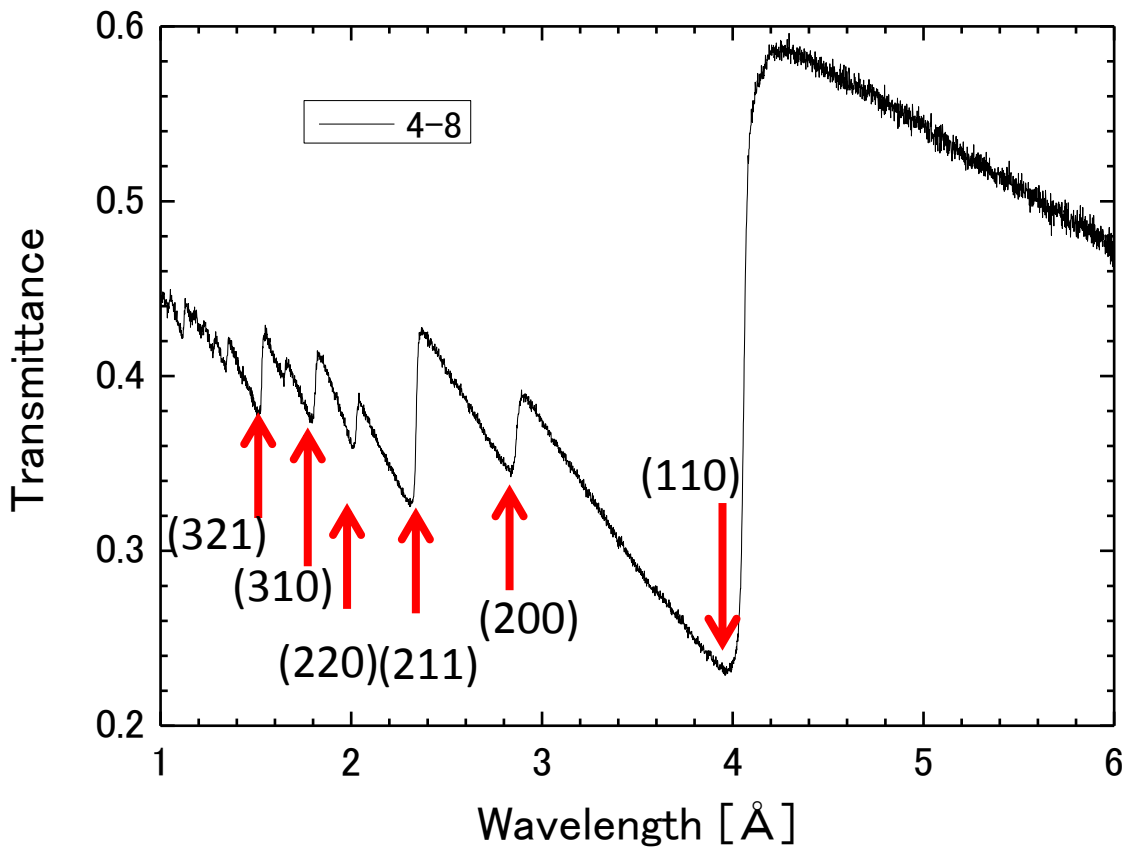


図4 α -鉄の中性子透過率の波長依存性
 矢印で示す波長でブラッグエッジが見える
 (indexの数字はピクセル番号)

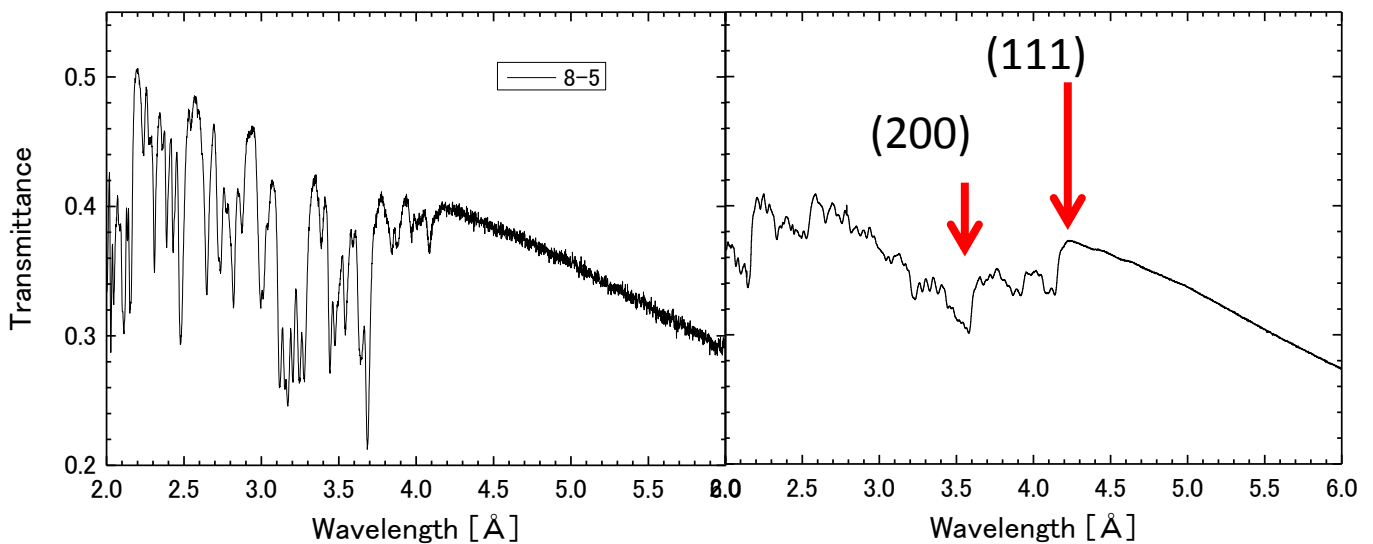


図5 Ni基合金鋳造品の中性子透過率の波長依存性
 (a): 1ピクセル, (b): 104ピクセルの平均
 (indexの数字はピクセル番号)

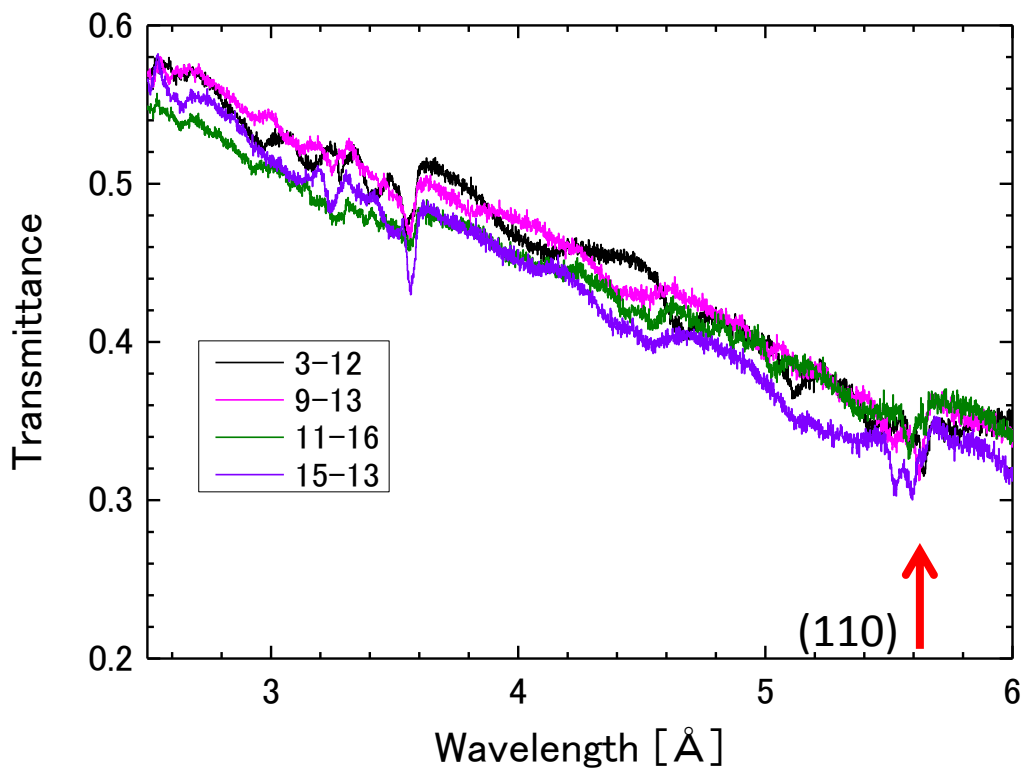


図6 TiAl 鋳造品の中性子透過率の波長依存性 (indexの数字はピクセル番号)

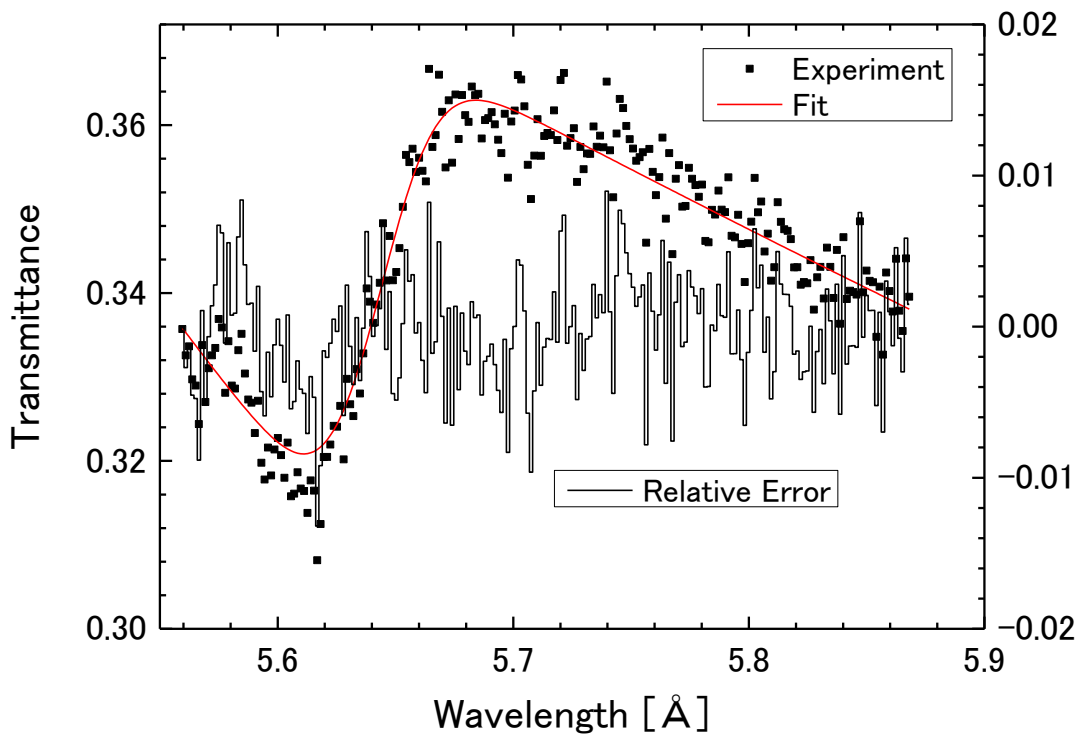


図7 TiAl 鋳造品のブラッグエッジのフィット

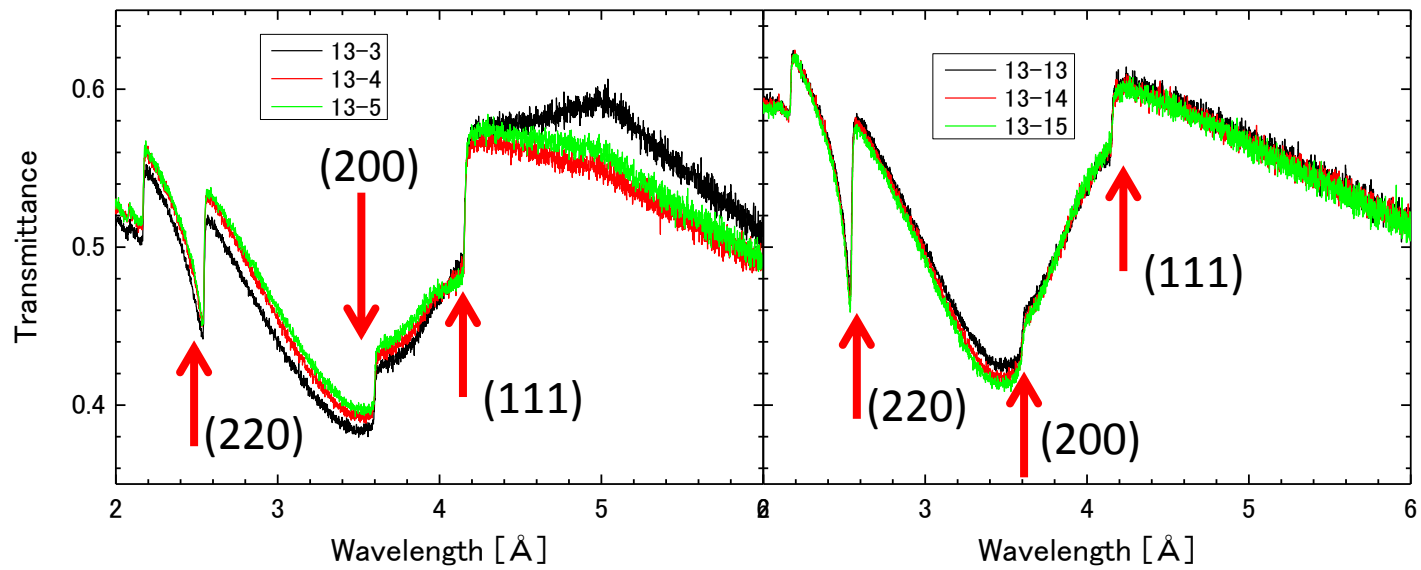


図8 Ni基合金鍛造品の中性子透過率の波長依存性
(indexの数字はピクセル番号)

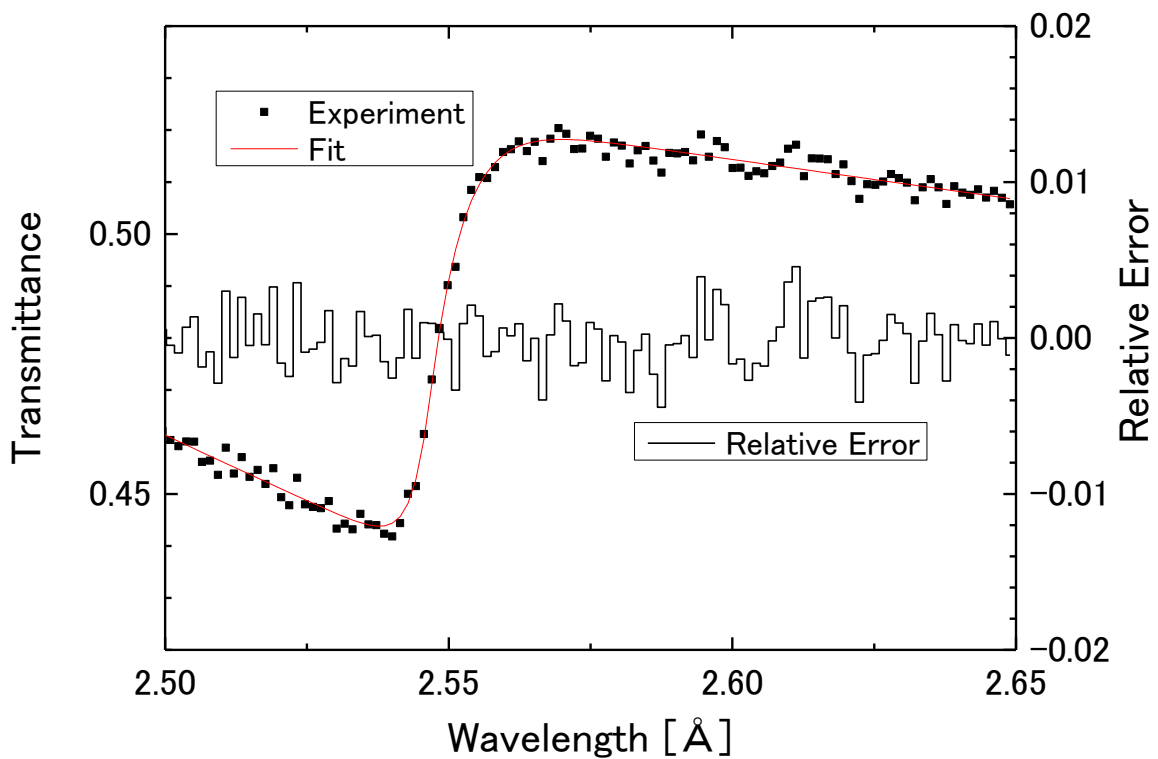
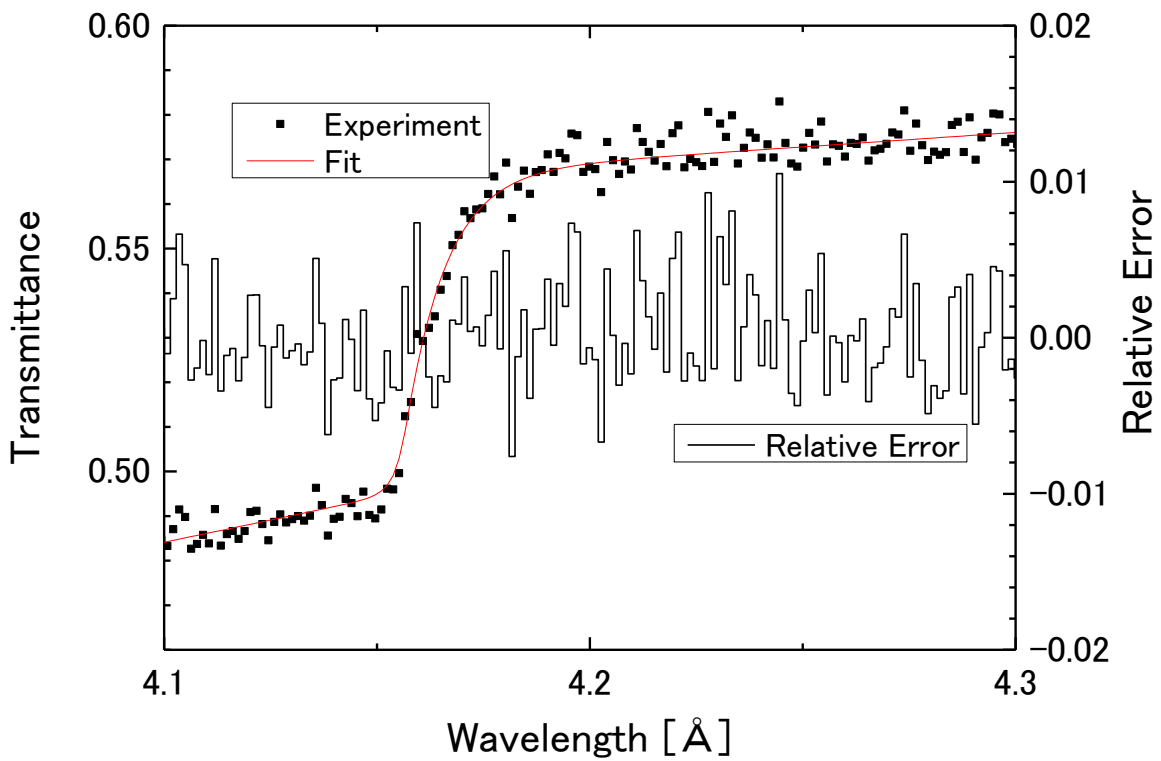


図9 Ni基合金鍛造品のブラッグエッジフィット結果
 (a): 4.16 Å 付近, (b): 2.56 Å 付近

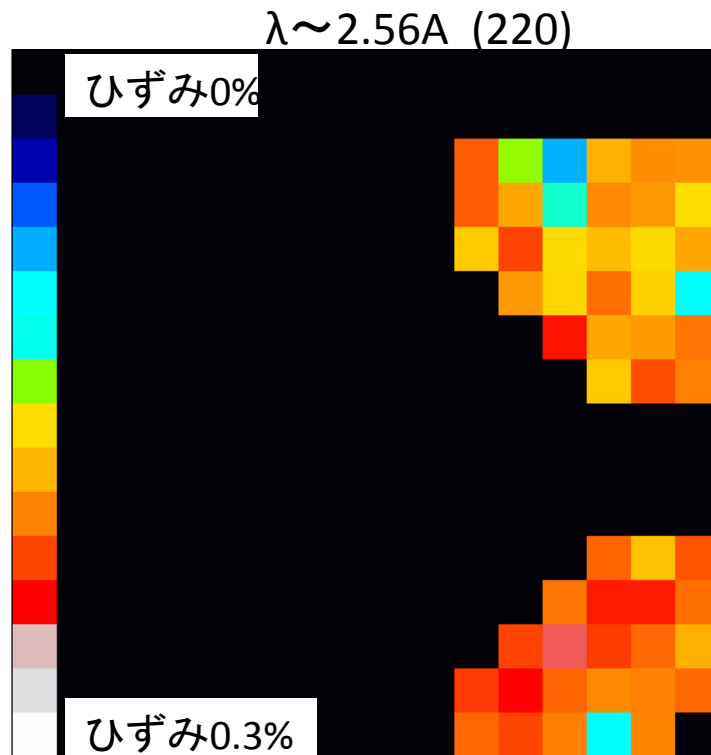
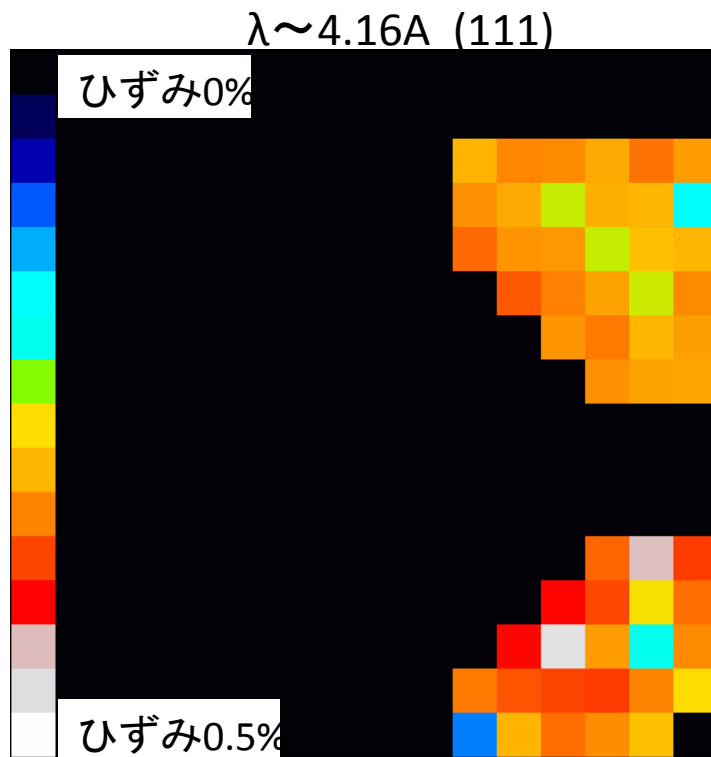


図10 Ni基合金鍛造品のひずみ分布
(a): 4.16 Å 付近, (b): 2.56 Å 付近