



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	パルス中性子透過分光法による複数物質定量イメージング手法の開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	石川, 裕卓
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13647号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74145
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	HirotaKu_Ishikawa_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 石川 裕卓

審査担当者 主 査 准教授 加美山 隆
副 査 教 授 大沼 正人
副 査 教 授 富岡 智
副 査 教 授 柴山 環樹

学位論文題名

パルス中性子透過分光法による複数物質定量イメージング手法の開発
(Development of quantification imaging method for multiple substances by pulsed neutron transmission spectroscopy)

中性子ラジオグラフィは、バルク試料内部に存在する物質の空間分布を非破壊で測定可能であるため、原子力材料内の水素分布の定量評価、コンクリート・燃料電池内の水分分布の定量評価など、バルク内軽元素の空間分布の定量評価に多く用いられてきた。しかし、通常の中性子ラジオグラフィでは、中性子透過率に対する物質質量についての検量線が取得可能な場合にのみ、物質質量の定量が可能である。本研究では、パルス中性子透過分光法に着目し、中性子ラジオグラフィでは定量が困難だった複数物質を含む被写体に対してそれぞれの物質に関する定量イメージングを行うことができる新たな手法の開発を行っている。

本研究で開発した手法は、全断面積のエネルギー依存性が物質に固有であることを利用し、評価済み核データから得られる複数物質それぞれの全断面積を用いてスペクトル解析を行うことにより、各物質の定量を可能とするものである。そのため本手法では、測定される透過率スペクトルが原子核一個毎の全断面積をよく反映する、ブラッグエッジ領域と中性子共鳴領域の間のエネルギーを選択し、それにより中性子共鳴の測定が難しい軽元素の評価も行えることが特長となっている。この手法を確立するためには、評価済み核データを用いた複数物質の定量解析手法や、スペクトル解析に使用するエネルギー領域などの検討を行う必要がある。そのため、これらの課題についての検討を行い、パルス中性子透過分光法による軽元素を含む複数物質の定量イメージング手法の確立を目的として、研究を行っている。

本論文は6章から構成されている。その骨子は、評価済み核データを用いて中性子透過率スペクトルから複数物質を定量評価する解析方法の開発と実証、透過率スペクトルを用いた定量解析に適する測定体系の開発、複数物質定量性の評価、ならびに複数物質定量透過イメージングへの応用である。

第1章では、従来の中性子イメージング手法の原理と課題について述べ、本研究で開発する手法の必要性、及び概要を説明している。

第2章では、開発した手法の原理、及び原理実証のために行った実験について述べている。まず、開発した手法が他に利用例のないエネルギー領域を使用する理由について、中性子と物質の相互作用の観点から検討し、評価済み核データを用いることにより中性子透過率スペクトルから複数物質を定量評価する解析方法について説明している。そして、鉄及び炭素の試料について本手法を

適用し、軽元素を含めた複数物質の定量評価が可能であることを実証している。

第3章では、開発した手法に適した実験体系の構築方法を、北海道大学加速器中性子源 (HUNS) を例として述べている。測定体系による系統誤差の原因を列挙し、それぞれの対策方法を検討、開発した体系に関して測定に対する系統誤差の低減を確認している。

第4章では、開発した手法において評価可能な複数物質の組み合わせに関する検討を行っている。種々の中性子全断面積エネルギー依存性を持つ物質を用意し、それらを組み合わせて作成した試料に対して本手法を適用し、その定量精度を評価している。さらに、物質間の全断面積エネルギー依存性の違いを新たな指標を導入して表現し、本手法の適用性を論じている。

第5章では、開発した手法による定量イメージングの適用結果について述べている。従来法では複数元素の非破壊定量が難しい組合せについて、2次元検出器を用いた中性子透過分光イメージングにより得られるスペクトルをピクセル毎に解析することで、複数元素それぞれの定量イメージング画像を得ている。これにより、本手法を用いることで、従来の中性子イメージング手法では困難であった軽元素を含む2種物質それぞれの定量イメージングが行えることを実証している。

第6章は本研究の総括である。

これを要するに、本研究は、評価済み核データをもとに中性子透過スペクトルを解析することで、複数物質の分布に関する定量的なイメージングを可能とする新しい手法の開発を行ったものである。従来の手法では非破壊分析が困難であった軽元素を含むバルク材料に対して構成物質それぞれの定量的な分布イメージが得られる手法の開発であるとともに、構成元素の組合せによる定量性の評価を行ったことにより、バルク材料内物質の非破壊定量イメージング手法の発展に大きな寄与を果たしており、中性子イメージングの分野において貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。