

## 中性子光学素子の開発と応用

(研究期間：第 期 平成12年～14年)

研究代表者：清水 裕彦 (理化学研究所)

### 研究課題の概要

中性子は、X線では解析が困難な生体物質等の軽元素系、特に水素などの解析で不可欠な解析手段と考えられるが、中性子ビームはX線に比べて極端に弱いために、実用的な研究への取組が遅れていた。このような背景のもと、本課題では、世界に先駆けて、中性子ビーム輸送技術の根本的な開発によって、中性子の利用効率を向上させ、中性子解析を汎用性の高い一般的な基本的研究手段のレベルに引き上げることを目指す。具体的には、反射光学素子、屈折光学素子を基礎とした複合光学系の研究及びそれに伴う中性子解析法の包括的最適化手法の確立を行う。

### (1)総 評

中性子光学素子の開発という、世界に先駆けた挑戦的な研究課題であるが、研究を実施するにあたり、適切な目標を設定し、目標に従って素子の製作と性能評価が着実に進められており、研究は順調に進捗し、目標を概ね達成していると評価される。本課題の研究成果については世界各国の注目が集まっており、科学的・技術的価値は高く、知的基盤整備への寄与が十分期待できるものであるが、先導的分野であるだけに、特に産業への波及効果については今後に期待されるところが大きい。その意味でますますの情報発信も求められるところである。研究体制については、研究代表者の十分な指導性のもと、各研究機関が十分に連携して研究を推進していると評価できる。これらのことから、非常に優れた研究であると評価できる。〈総合評価：a〉

第 期の目標は「**实用レベルの中性子光学素子の製作技術及び最適化設計技術の確率**」とされているが、この目標が達成されれば、中性子の産業応用へのブレークスルーになると考えられることから、第 期の目標として適当であり、これに基づき研究を継続すべきである。研究の実施にあたっては、より大きな波及効果を生むために、産業界の動向に十分留意しながら取り組むことが期待される。〈今後の進め方：a〉

### (2)各テーマにおける評価結果

屈折光学素子の開発、反射光学素子の開発、中性子光学がもたらす性能の向上の定式化を目指し、1)中性子光学素子製作技術、2)中性子光学素子単体性能評価、3)中性子光学システム性能評価、4)中性子光学素子評価手法の開発、5)中性子光学最適化シミュレーション、6)中性子光学実験用性能の理論的定式化、7)中性子超伝導磁気光学素子製作の基礎 に関する研究が行われた。1)については、優れた全反射臨界角多層膜中性子ミラーの製作、フレネル形状の物質レンズの製作などが行われており、高く評価できる。2)については、中性子光学素子の性能評価を行う体制と、世界でも有数の中性子反射光学素子開発能力が整備され、今後の研究推進に大きく寄与する成果が得られている。3)については、中性子光学システム全体としての性能評価を行うための低速度中性子ビームラインの整備や、実用に近い大口径の超伝導磁石を利用した磁気屈折光学素子の製作・評価などほぼ順調に成果が蓄積されている。一部、磁気収束素子、反射・屈折光学素子を組み合わせた複合光学素子の実用性の評価について進捗が遅れが見られる。4)については、時間分解能を持ったリアルタイム中性子画像取得システムとして飛行時間法用ファイバー型高位置分解能中性子検出器が開発さ

れ、世界最高の位置分解能を達成しており、注目すべき成果である。5)については、進捗の遅れが見られるものの、中性子の磁場との相互作用を含むシミュレーションができるようになっており、一定の成果が認められる。6)については、中性子光学素子開発にフィードバックするために、中性子散乱装置の側から要請される集束中性子ビームの総合的品質度を定式化する先駆的試みが展開された。7)については、超伝導6局電磁石を製作し、目標磁場勾配の発生が確認されており、今後の本課題に大きく寄与するものと期待される。なお、5)～7)の課題については、より積極的な国際的情報発信が強く望まれる。

(3)第 期にあたっての考え方

第 期においては、各研究機関ともほぼ初期の計画を達成し、いくつかの重要な成果が得られている。第 期への移行にあたっては、実用レベルの中性子光学素子の製作技術及び最適化設計技術の確立を目指し、1)光学素子作製、2)中性子光学最適設計、3)新概念に基づく応用の実証実験を行う3グループ体制を編成する。

1) 光学素子製作グループ

設計グループによる設計のもとに、新概念に基づく中性子散乱装置を構成するための中性子光学素子の製作を行う。

2) 中性子光学最適設計グループ

先端的研究グループに新しい中性子散乱実験技術を提案した上での各分野からの装置性能に対する要求を検討し、集光型中性子小角散乱装置など、新しい概念に基づく革新的中性子散乱実験装置の最適設計を行う。

3) 新概念に基づく応用の実証実験グループ

設計グループによる設計のもとに製作された中性子光学素子を用いて、新概念に基づく中性子散乱実験装置を構成する。また、その性能を実験的に評価し、中性子光学素子の設計および製作にフィードバックする。

第 期においては、各グループいずれにおいても、例えば中性子ビーム強度を何倍まで増強するかなど、具体的な目標を設定することが技術開発志向型の研究では望まれる。本研究の成果に関する波及効果として、タンパク質の構造解析、水素、リチウム等の軽元素含有機能材料の開発等への波及効果も期待されることから、関連する産業分野の動向を留意・確認しつつ研究を進めることが肝要である。他方、本研究では、極めて高度な微細加工技術の支援が不可欠であり、この分野において他の追従を許さないフロンティア開発を目指す産学互恵の関係が芽生えることに期待したい。

(4)評価結果

総合 評価	今後の 進め 方	1.進捗状況		2.研究成果		3.研究成果			4.研究体制		5.固有項目	
		(1)達成度	(2)進捗状況	(1)設定	(2)最終	(1)科学価値	(2)科学的波及効果	(3)情報発信	(1)指導性	(2)連携・整合性	(1)成果寄与	(2)支援体制
a	a	b	a	a	a	a	b	b	a	a	a	b

II期移行の考え方：体制移行図

第 期

第 期

