



Title	スーパーキャビティでのコンプトン散乱による高強度 γ線発生に関する研究
Author(s)	文, 雅司
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41445
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていない ため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利 用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文につい てをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	文 雅 司
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 6 4 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平成11年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	スーパーキャビティでのコンプトン散乱による高強度 γ 線発生に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中井 貞雄 (副査) 教 授 西川 雅弘 教 授 飯田 敏行 教 授 堀池 寛 教 授 井澤 靖和 教 授 三間 罔興 教 授 西原 功修 教 授 権田 俊一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高輝度コンプトン散乱 γ 線の発生の基礎原理の実証を目的として、レーザー光蓄積スーパー空洞の特性、空洞内での電子との相互作用及び大型加速器への適応性について研究結果をまとめたものである。

第1章は序論であり、本研究の目的、背景、意義について述べている。

第2章では、コンプトン散乱の原理、特徴を述べるとともに、実験結果との比較のため、クライン・仁科の式を用いて、その衝突断面積、散乱光分布、散乱光エネルギーを計算し、結果について考察している。

第3章は、超高反射率ミラーで構成されたファブリペロ型光共振器であるスーパーキャビティを一般的な波長選択装置としてでなく光子蓄積装置としてその解析を行うと同時に、その設計、使用方法、製作技術について述べている。また、実際に製作したスーパーキャビティについても、使用した超高反射率ミラーの性能、スーパーキャビティの光子蓄積率の測定結果を述べている。さらに、入射レーザー光の周波数安定化のために用いた Drever-Hall 安定化法について述べ、その実験結果を示している。

第4章では、スーパーキャビティ内で蓄積された光子を用いることによるコンプトン散乱光の増倍の原理実証実験について述べている。また、この原理実証実験のために設計、製作したレーザー加熱式の熱陰極を持つ静電加速器(電子銃)について、その動作特性についての考察を行っている。さらに、これを用いて行った散乱実験によって得られた結果と理論値との比較検討を行い、スーパーキャビティによるコンプトン散乱光増倍の原理の有用性を示している。

第5章では、高エネルギー電子ビーム源である電子蓄積リングや電子線形加速器へのスーパーキャビティの導入を目指し、長い相互作用領域を持つ場合でのレーザー光の広がり性を考慮したビームサイズの最適化の計算について述べている。また、ガウスビームを仮定し、実際の装置のパラメータを用いた最適化の計算結果を示し、さらに、最適化による散乱高強度の計算結果を述べている。

第6章では、 γ 線による巨大核共鳴を利用した高レベル放射性廃棄物の消滅処理について述べている。また、原子核の γ 線吸収による、電子対創生及び巨大共鳴の割合を検討すると共に、スーパーキャビティによるコンプトン散乱増倍を利用した γ 線光源の有用性を示している。また、本方式を実用化する上での今後の研究課題、問題点を明らかにしている。

第7章は結論であり、本研究により得られた研究成果とその知見をまとめている。

論文審査の結果の要旨

単色高輝度 γ 線は核分光学，原子力工学，エネルギー理工学に有用であるが今まで発生が困難であった。とくに高分解能の核分光は核の微細構造を知るうえでは，このような光源は必要不可欠のものであると考えられる。

本論文は単色高輝度 γ 線発生を目的として，レーザー光を高反射率の共振空洞に入射し光蓄積を行うことにより，レーザー光強度を倍増し，この高強度光と電子ビームとを衝突させる事によりコンプトン散乱光発生効率を増大させる基礎を確立し，これを大型装置に適用する事に関する研究結果を述べたものである。得られた主な成果を要約すると以下の通りである。

- 1) スーパーキャビティの光子蓄積率の評価を行い，多重光子蓄積技術を確立している。また，超高フィネス光共振器で見られる横モードの分離をスーパーキャビティで確認し，スーパーキャビティのフィネスの高さを示し，定常的に光をスーパーキャビティ内に蓄積するために，入射レーザー光の周波数化法を用い，現装置での十数時間の安定した光子蓄積を可能としている。
- 2) 低エネルギーの電子ビームによる原理実証実験をおこない，スーパーキャビティコンプトン散乱光の増倍を実験的に検証し，理論値の信頼性を確認し，今後 γ 線クラスの高エネルギーの発生における基本データ，技術の蓄積を行っている。
- 3) 高エネルギー電子ビーム源である電子蓄積リングや電子線形加速器へのスーパーキャビティの導入を目指し，長い相互作用領域を持つ場合のレーザー光の広がり考慮したレーザービームサイズの最適化を行っている。
- 4) γ 線による巨大核共鳴を利用した核変換による高レベル放射性廃棄物の消滅処理についての検討を行い，巨大核共鳴における反応断面積は， γ 線エネルギーに依存し， γ 線エネルギーが14~16MeV，のところに集中していることから，コンプトン散乱による高エネルギーで，スペクトル輝度の高い，光源が有効であることを示し，これを用いた核変換による放射性核廃棄物の消滅処理に関する検討を行っている。

以上のように本論文は，スーパーキャビティの光子蓄積を行い，コンプトン散乱光の増倍を実験的に検証し，この応用としての巨大核共鳴を利用した核変換による高レベル放射性廃棄物の消滅処理についての検討を行い，多くの新しい知見を得ている。レーザー工学，原子力工学の発展に寄与するところが大きいので，本論文は博士論文として価値あるものと認める。