

電子ビーム制御研究部門（極端紫外光研究施設）

平 義 隆（准教授）（2020年4月1日着任）

SALEHI, Elham（特任研究員）

神山 和輝（特別共同利用研究員）

山本 涼平（特別共同利用研究員）

稲垣 いつ子（事務支援員）

石原 麻由美（事務支援員）

A-1) 専門領域：ガンマ線計測，陽電子計測，光渦計測

A-2) 研究課題：

- a) 超短パルスガンマ線の発生と利用研究
- b) 短波長光渦の発生と計測技術開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 世界の放射光施設でも UVSOR の独自技術であるのは、超短パルスガンマ線を用いた陽電子計測によるバルク材料のナノメートル欠陥分析に関する研究である。フェムト秒レーザーと 750MeV 電子ビームの 90 度衝突逆トムソン散乱によって、超短パルスガンマ線を発生し、そのパルス幅は 5 ps と計算される。この超短パルス性とバックグラウンドの低さを活かしたガンマ線の利用研究として、陽電子計測による材料中の欠陥分析を行っている。陽電子は、対生成と呼ばれる現象によって材料内部でガンマ線から発生し、材料中の欠陥に捕獲される。欠陥の大きさによって陽電子の寿命が変化するために、陽電子寿命を測定することで材料中の欠陥を非破壊で分析することができる。さらに、ガンマ線は物質に対する透過率が高いため厚さ数 cm のバルク材料の欠陥分析を行うことが可能である。本分析技術は、現在 UVSOR の施設利用として利用可能である。ユーザー利用の研究成果が徐々に始まり、ユーザー執筆の論文が今年 1 報 *Applied Physics Express* に掲載された。
- b) 本研究課題では、らせん波面を形成するエネルギー sub-MeV 以上のガンマ線渦を世界に先駆けて開発し、素粒子や原子核、物性研究への応用開発を行うことを最終目標としている。このガンマ線は、位相構造がらせんであるために軌道角運動量（Orbital angular momentum: OAM）を運ぶということに大きな特徴がある。ガンマ線渦の発生には、平らが初めて見出した電子ビームと高強度円偏光レーザーの非線形逆トムソン散乱法を用いる。2019 年度から関西光科学研究所において高強度レーザーと 150MeV マイクロトロン電子加速器を用いた実験を行っている。今年度も引き続き実験を行う予定であり、光渦の特徴である空間分布が円環になることを測定することを目標としている。一方で、UVSOR の円偏光アンジュレータを用いて発生できる紫外光領域の光渦の計測技術開発も行っている。アンジュレータから発生する光渦に関しては世界の他の施設でも行われており、円偏光モードでの計測だけが行われていた。平らの計算により、楕円偏光モードでも位相構造をもつ光渦が発生することが新たに分かり、UVSOR で実証実験を行った。光渦を 2 重スリットに通したときの干渉縞をサンプリングモアレ法によって位相解析することで光渦の位相構造を測定し、計算との比較を行った。この結果に関して論文が *New Journal of Physics* に掲載された。

B-1) 学術論文

K. FUJIMORI, M. KITaura, Y. TAIRA, M. FUJIMOTO, H. ZEN, S. WATANABE, K. KAMADA, Y. OKANO, M. KATOH, M. HOSAKA, J. YAMAZAKI, T. HIRADE, Y. KOBAYASHI and A. OHNISHI, “Visualizing Cation Vacancies in Ce:Gd₃Al₂Ga₃O₁₂ Scintillators by Gamma-Ray Induced Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy,” *Appl. Phys. Express* **13**, 085505 (4 pages) (2020). doi: 10.35848/1882-0786/aba0dd

Y. TAIRA, M. FUJIMOTO, S. RI, M. HOSAKA and M. KATOH, “Measurement of the Phase Structure of Elliptically Polarized Undulator Radiation,” *New J. Phys.* **22**, 093061 (12 pages) (2020). doi: 10.1088/1367-2630/abb54a

B-4) 招待講演

平 義隆, 「アンジュレータを用いた光渦の発生」, 研究会「光の軌道角運動量の発生機構と物質相互作用の理解」, 2021年3月.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本物理学会 ビーム物理領域運営委員 (2020–2021).

ビーム物理研究会 若手の会 幹事 (2020–).

ビーム物理研究会 若手の会 オブザーバー (2019–2020).

学会の組織委員等

日本加速器学会第 18 回年会組織委員 (2020–2021).

日本加速器学会第 18 回年会プログラム委員 (2021).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌「放射光」編集委員 (2019–2021).

B-8) 大学での講義, 客員

理化学研究所, 客員研究員, 2018年9月–.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B) (一般), 「非線形逆コンプトン散乱による軌道角運動量を運ぶ光子の生成」, 平 義隆 (2018年–2021年).

科研費基盤研究(A), 「放射光の位相構造制御法の開発」 (代表: 加藤政博), 平 義隆 (研究分担者) (2020年–2022年).

C) 研究活動の課題と展望

超短パルスガンマ線の利用研究に関しては, 現状ガンマ線の強度が低い点が課題である。来年度初めに新しいレーザーチャンバーをUVSOR 電子蓄積リングに導入し, ガンマ線の強度を 20 倍以上向上する予定である。また, 陽電子計測に関しては, 現在寿命のみの測定が可能であるが, 寿命運動量相関測定やスピン偏極陽電子の発生と計測技術開発を行い, 分析技術の拡充を図る。計算上は数ピコ秒のガンマ線が発生していると考えられるが, 超短パルスガンマ線のパルス幅計測手法の開発も行う。光渦に関しては, ガンマ線の波面計測の技術を開発し, ガンマ線渦が実験的に発生していることを実証する。