

J-KAREN-P レーザーを用いた誘導コンプトン散乱の実験

Experimental observation of
induced Compton scattering with J-KAREN-P laser

田中 周太¹⁾, 蔵満 康浩²⁾, 福田 祐仁³⁾, 浅井 孝文^{3), 4)}, 郡 英輝²⁾,
境 健太郎²⁾, 岩崎 滉²⁾, 姫野 公輔²⁾, 田口 智也²⁾, 近藤 康太郎³⁾,
桐山 博光³⁾, 神野 智史⁵⁾, 金崎 真聡⁴⁾, 時安 敦史⁵⁾, 南 卓海²⁾,
安倍 勇輝²⁾, 檜原 崇正²⁾, 山崎 了¹⁾, 坂和 洋一²⁾

Shuta TANAKA, Yasuhiro KURAMITSU, Yuji FUKUDA, Takafumi ASAI, Hideki KOHRI, Kentaro Sakai,
Kou IWASAKI, Kosuke HIMENO, Tomoya TAGUCHI, Kotaro KONDO, Hiromitsu KIRIYAMA, Satoshi JINNO,
Masato KANASAKI, Atsushi TOKIYASU, Takumi MINAMI, Yuki ABE, Takamasa HIHARA, Ryo YAMAZAKI,
Youichi SAKAWA

¹⁾青山学院大学 ²⁾大阪大学 ³⁾量研 ⁴⁾神戸大学 ⁵⁾東京大学 ⁵⁾東北大学

(概要)

パルサーと呼ばれる天体からの光は宇宙最大の輝度温度を誇り、正に天然のレーザー発振器と言える。その放射機構は未知でパルサー発見以来最大の謎である。本研究の目的は J-KAREN-P レーザーを用いてその謎に迫ることである。パルサーからの“レーザー放射”と周辺プラズマの相互作用として期待される「誘導コンプトン散乱」という現象を実験室で実証しようと試みた。誘導コンプトン散乱に特徴的な信号について兆候は見られるが、有意な検出かどうかは詳細なデータ解析が待たれる。今後も実験条件を変えることを含めて検討しつつ実験を継続し、より有意な信号を得ることを目指す。

キーワード:

誘導コンプトン散乱, パルサー, 実験室宇宙物理学

1. 目的

パルサーや高速電波バーストなどの高輝度放射をする天体の周辺で期待される誘導コンプトン散乱という現象の実証を目的とする。現状、天体観測で得られるデータのみから誘導コンプトン散乱が起きているかを判断することは難しく、この現象は理解されていない部分が多い(参考文献 1)。我々の過去の研究(参考文献 2)で誘導コンプトン散乱に必要な放射の輝度を見積もると、最新のレーザー装置を用いた実験により、この現象の検証が可能であることがわかった。誘導コンプトン散乱の実証実験をさせ、更なる実験を重ねることで誘導コンプトン散乱を理解し、天体现象を理解するためのツールとすることが最終目的である。

2. 方法

チャンバーにガスジェットを噴射させて $f/1.3$ の OAP で集光した J-KAREN-P レーザーをプレパルスで電離されたガスジェットのプラズマに集光させた。事前に、我々の過去の研究(参考文献 3)で誘導コンプトン散乱が特徴的なスペクトル信号を出すことを理論的に導いた。地上実験装置への適用に拡張した研究(参考文献 2)を元に、入射光よりもレッドシフトした透過光を検出可能な分光器を用いて、誘導コンプトン散乱に起因するシグナルの検出を試みた。同時に、電子の密度分布などを調べるため、集光点で発生するトムソン散乱光の計測も行った。ガスジェットの密度を変えながら計測をしていくことで、特徴的な透過光のスペクトルの変化が見えると予想した。

3. 結果及び考察

透過光、入射光及び横散乱光のスペクトルを取得した。また、トムソン散乱光のイメージも取得できた。

透過光のスペクトルはガスジェットの密度による変化(=レッドシフト)が見られるものの参考文献2で予想したほどの顕著なスペクトルの変化は得られなかった。入射光のスペクトル自体も微細なスペクトル構造の変化を見せるので、その点も含めて定量的なデータ解析が必要である。一方、横方向からトムソン散乱光のイメージでビームの経路に沿ってプラズマ(電子)がいることが確認できた。ただし、解析の結果電子の空間分布が明らかに非一様であることがわかった。特に、集光点領域において電子密度が低い様子が見られ、それが誘導コンプトン散乱透過光のスペクトル信号が予想よりも小さくなった原因の一つと考えられる。今後実験データをより詳細に解析するが、誘導コンプトン散乱の検証には、条件を工夫した更なる実験が必要である。

4. 引用(参照)文献等

1. “Constraint on Pulsar Wind Properties from Induced Compton Scattering off Radio Pulses”, Shuta J. Tanaka & Fumio Takahara, Progress of Theoretical and Experimental Physics 123E01 (2013)
2. “Toward experimental observations of induced Compton scattering by high-power laser facilities”, Shuta J. Tanaka, Ryo Yamazaki, Yasuhiro Kuramitsu, & Youichi Sakawa, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 063J01 (2020)
3. “Avalanche Photon Cooling by Induced Compton Scattering: Higher-Order Kompaneets Equation”, Shuta J. Tanaka, Katsuaki Asano, & Toshio Terasawa, Progress of Theoretical and Experimental Physics 073E01 (2015)