

# 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<sup>1)</sup>, 蔵満 康浩<sup>2)</sup>, 安倍 勇輝<sup>2)</sup>, 南 卓海<sup>2)</sup>, 境 健太郎<sup>2)</sup>,  
姫野 公輔<sup>2)</sup>, 田口 智也<sup>2)</sup>, 小田 和昌<sup>2)</sup>, 鈴木 蒼一郎<sup>2)</sup>, 二階堂 颯佳<sup>2)</sup>,  
倉本 恭誓<sup>2)</sup>, 酒井 優一<sup>2)</sup>, 安井 稔遥<sup>2)</sup>, 田中 崇寛<sup>2)</sup>, 太田 雅人<sup>2)</sup>,  
Tatiana Pikuz<sup>2)</sup>, 郡 英輝<sup>2)</sup>, 金崎 真聡<sup>3)</sup>, 浅井 孝文<sup>3)</sup>, 鍛冶 賢志<sup>3)</sup>,  
田邊 寛之<sup>3)</sup>, 井上 千裕<sup>3)</sup>, 望月 政一郎<sup>3)</sup>, 尾崎 玲於奈<sup>3)</sup>, 豊永 啓太<sup>3)</sup>,  
前川 馨<sup>3)</sup>, 諫山 翔伍<sup>4)</sup>, 時安 敦史<sup>5)</sup>, 小平 聡<sup>6)</sup>, 近藤 康太郎<sup>6)</sup>,  
早川 岳人<sup>6)</sup>, 桐山 博光<sup>6)</sup>, 福田 祐仁<sup>6)</sup>

Shuta TANAKA, Yasuhiro KURAMITSU, Yuki ABE, Takumi MINAMI, Kentaro Sakai,  
Kosuke HIMENO, Tomoya TAGUCHI, Kazumasa ODA, Soichiro SUZUKI, Fuka NIKAIDO,  
Kiyochika KURAMOTO, Yuichi SAKAI, Toshiharu YASUI, Takahiro TANAKA, Masato OTA,  
Tatiana PIKUZ, Hideki KOHRI, Masato KANASAKI, Takafumi ASAI, Kenji KAJI,  
Hiroyuki TANABE, Chihiro INOUE, Seiichiro MOCHIZUKI, Reona OZAKI, Keita TOYONAGA,  
Hajime MAEKAWA, Shogo ISAYAMA, Atsushi TOKIYASU, Satoshi KODAIRA, Kotaro KONDO,  
Takehito HAYAKAWA, Hiromitsu KIRIYAMA, Yuji FUKUDA

<sup>1)</sup>青山学院大学 <sup>2)</sup>大阪大学 <sup>3)</sup>神戸大学 <sup>4)</sup>九州大学 <sup>5)</sup>東北大学 <sup>6)</sup>量研

## (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こっ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。まず誘導コンプトン散乱の実証実験をさせる。さらに、散乱体となるプラズマの密度に対する依存性だけでなく、レーザーパラメータに対する依存性を調べる実験を重ねることで誘導コンプトン散乱を理解し、天体現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(図1)。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。

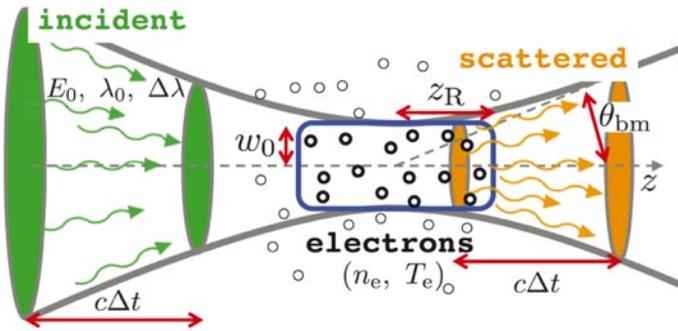


図 1. 誘導コンプトン散乱実験の概念図。入射光と透過光とスペクトルの変化を計測する。

### 3. 結果及び考察

取得した入射光(図 2 左)と透過光(図 2 右)のスペクトル。また、ここでは示さないが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が入射光のスペクトルよりも赤化(レッドシフト)していることがわかる。入射光のスペクトル自体もショット毎に微細なスペクトルの違いが見られるが、それよりも有意な変化である。入射光のスペクトルはガスジェットなしの透過光として取得している。ガスジェットの密度が違う場合のデータも取得しており、密度に対する透過光スペクトルの傾向は参考文献 2 で予想した通りである。前回の実験では散乱領域のプラズマがプレパルスで吹き飛ばされている様子があったため、プラズマミラーを導入した場合の計測も行った。今のところ、プラズマミラーの有無によるスペクトルの顕著な違いは見られていない。トムソン散乱イメージと比較してプラズマミラーの効果を検討する必要がある。総じて、誘導コンプトン散乱の有意な証拠をえたと考えられる。今回の実験はレーザーパラメータに対する依存性を検証するに至らなかったため、同様の実験を行うことで再現性を調べると共にレ

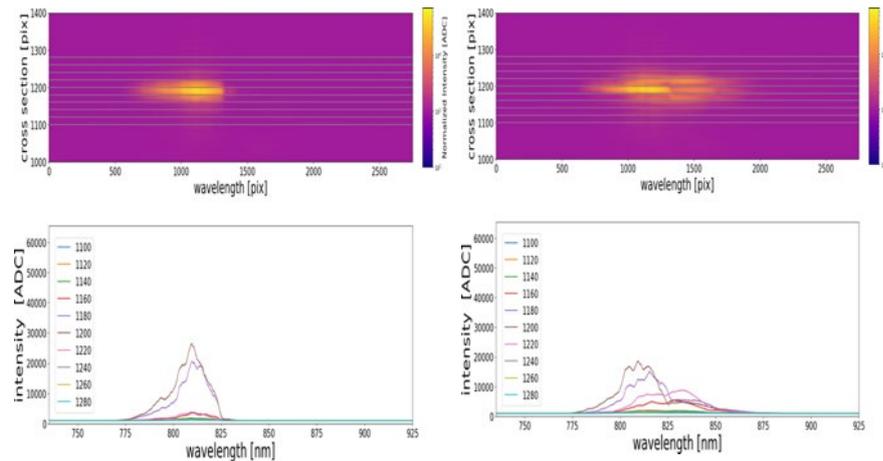


図 2. 入射光(左)と散乱光(右)の空間分解分光の結果。下は波長方向にいくつかの場所を切り取ったプロット。

ーザー強度に対する応答などを調べることで、非線形性を確認する必要がある。

### 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)