

Title	RADIATION FROM RELATIVISTIC ELECTRONS IN A TURBULENT ELECTROMAGNETIC FIELD
Author(s)	寺木, 悠人
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.18910/34030
DOI	10.18910/34030
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (寺木 悠人)

論文題名

RADIATION FROM RELATIVISTIC ELECTRONS IN A TURBULENT ELECTROMAGNETIC FIELD
(乱れた電磁場中を運動する相対論的電子からの放射)

本論文は二部構成となっている。一部では、乱流電磁場中を運動する相対論的電子からの放射スペクトルを第一原理的な数値的手法を用いて明らかにする。二部では、近年発見された「かに星雲」の標準理論では説明できないガンマ線フレア現象を放射機構の観点から説明するモデルの構築を行う。

一部における数値計算手法は以下の通りである。乱れた電磁場をフーリエモードの重ね合わせで表現し、その中に相対論的なエネルギーを持った電子を注入して運動方程式を解く。得られた運動の情報からリエナール=ヴィーヘルトポテンシャルを用いて放射スペクトルを計算する。乱流場については横波モードで構成された静的な乱れた磁場と、縦波モードで構成された振動する乱流電場の場合の二つの場合を調べた。前者においては未解明であった乱流磁場の特徴的スケールがラーモア半径よりも小さくかつ非相対論的ラーモア半径よりも大きいという場合において放射スペクトルを数値的に明らかにし、その物理的解釈も与えた。新たに得られたスペクトル形状はシンクロトロン放射のそれとよく似た形状をしているが、ピーク振動数よりも高振動数領域において小スケール乱流磁場起源の別成分が現れる。これと良く似た特徴をもつ観測結果が活動銀河核ジェットなどの高エネルギー天体から得られており、その解釈の候補として有望である。後者の乱れた電場においては、乱流電場のスケール、強度に加え時間変動も放射スペクトルの形成に影響を及ぼす。これらの効果を全て考慮して広いパラメータ領域における放射スペクトルの特徴を一般的に明らかにした。先行研究では曖昧だった放射スペクトルの特徴が切り替わるパラメータの値をはっきりさせ、特徴の分布をチャート化した。また、その中で電場強度が非常に強く電場の振動や空間的構造の影響よりも支配的になる場合には、シンクロトロン放射と良く似た特徴を持つスペクトル形状になることを初めて明らかにした。これにより電場強度、空間スケール、振動時間スケールが分かれば放射スペクトルが特定できるようになった。そこから高エネルギー天体放射領域で達成されるそれらの物理パラメータ領域において、放射スペクトルは従来考えられていたよりバラエティ豊かな特徴を持つ可能性が示唆された。

かに星雲のフレアの典型的なエネルギーは400MeV程度であるが、このような高エネルギー放射は標準理論の枠組みでは再現できない。標準理論では放射機構はシンクロトロン放射であると考えられており、典型的エネルギーは磁場強度で決まる。磁場が小さい空間スケールで乱れている場合には、放射機構はジッター放射と呼ばれるものになり、典型的エネルギーは乱流磁場の空間スケールで決まる。つまり十分小さいスケールで磁場が乱れて入ればフレアを起こすことが可能となる。このことを用いてパルサー風内に通常よりも密度の高いプラズマ塊が存在し、終端衝撃波と相互作用することにより小さいスケールの磁場乱流が発生し、その結果放射機構が変わりフレアが発生するというモデルを構築した。フレアを起こす必要条件是通常の100倍程度のプラズマの数密度である。このモデルから3つの予言がなされる。1、フレア中は変光度が下がる。2、スペクトル指数は0よりも小さくならない。3、対応する逆コンプトン成分は観測にかからない。これらの予言は他のモデルとは異なり、将来観測により差別化が期待できる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (寺 木 悠 人)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教授 長峯健太郎
	副 査 教授 常深博
	副 査 教授 橋本幸士
	副 査 名誉教授 高原文郎
	副 査 准教授 藤田裕
論文審査の結果の要旨	
<p>寺木氏は、乱流磁場内における電子からの放射について数値的および解析的計算を行い、これまで明らかにされていなかったパラメータ領域における新たなスペクトル成分を見だし、その解釈を行った。その新スペクトル成分は、通常の電子シンクロトロン放射の上に重なって高振動数側に power-law として現れる。寺木氏は先行研究も含めて、様々なスペクトル成分を整理し、体系的に理解できることを示した。</p> <p>本論文は主に二部からなる。第1部は乱流電磁場中を運動する相対論的電子からの放射スペクトルを第一原理的な数値的手法を用いて明らかにした研究である。第2部は、かに星雲のフレア現象を乱流磁場からの放射で説明するモデルの構築である。第1部の数値計算手法としては、乱れた電磁場をフーリエモードの重ね合わせで表現し、その中に相対論的なエネルギーを持った電子を注入して運動方程式を解く。得られた運動の情報からリエナール・ヴィーヘルトポテンシャルを用いて放射スペクトルを計算することで、近似が一切入らない形で放射スペクトルが計算できる。乱流場については、静的な乱流磁場と、振動する乱流電場の場合の二つの場合を調べた。乱れた磁場においては、磁場のスケールが電子のラーモア半径よりも十分大きい場合と十分小さい場合の研究はなされていたが、それらをつなぐ領域については未解明だった。この領域では両放射機構の特徴を併せ持つスペクトル形状が得られ、乱れた電場においては乱流電場のスケール、強度に加え時間変動も放射スペクトルの形成に影響を及ぼす。これらの効果を全て考慮して、様々なパラメータ領域における放射スペクトルの特徴を一般的に明らかにした。その中で強度が非常に強く、電場の振動や空間的構造の影響よりも支配的になる場合には、シンクロトロン放射と良く似た特徴を持つスペクトル形状になることを初めて明らかにした。かに星雲の標準理論の枠組みでは理解できないフレア現象については、通常よりも密度の高いプラズマ塊が衝撃波と相互作用することにより小さいスケールの磁場乱流が発生し、その結果放射機構が変わりフレアが発生するというモデルを構築した。以上の結果は、十分に独自性のある博士論文研究である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。</p>	