

論文審査の結果の要旨

氏名 加藤 陽

本論文は9章で構成される。

第1章はイントロダクションであり、雷雲による加速電子の大気中での相互作用についてまとめ、相対論的逃走電子雪崩(RREA=Relativistic Runaway Electron Avalanche)モデルについて簡潔に述べたあと、雷雲に伴うガンマ線、電子、中性子発生についての過去の観測的研究をレビューしている。第2章は観測装置 PANDA(Plastic Anti-Neutrino Detector Array)の原理、構造の概要を紹介し、先代の PANDA36 装置により実施された大飯発電所でのニュートリノモニタの結果をまとめている。第3章は本研究で用いられた観測装置 PANDA64 について、特にそのデータ収集部分の構造について詳述している。第4章では PANDA64 の乗鞍観測所への設置状況、観測状況をまとめている。第5章は装置の較正について述べたあと、データ処理に用いるソフトウェアの概要をまとめている。

続く6-8章が本論文の中核である。まず6章では、乗鞍での約2ヶ月間に渡るモニタ観測から、雷活動に相関する3-100MeVのガンマ線のバースト的増大の観測例(ガンマ線フラックス時系列データ、ガンマ線エネルギースペクトル)を得たことを示し、相関を証拠立てる気象庁の雷活動データ、電場データ、雷光モニタの状況が示されている。7章では、観測結果を解釈するために行ったモンテカルロシミュレーションについて述べている。まず、装置応答のシミュレーション結果を示し、続いて観測されたガンマ線データを説明する雷雲からの逃走電子のエネルギースペクトル、加速高度の定量的推定を行っている。8章では、バーストに含まれるガンマ線以外の粒子成分の解析結果が示されている。

第9章では観測結果のまとめとその考察がなされている。

本研究の特色は、原子炉ニュートリノの高感度観測を可能にした PANDA というユニークな可搬型観測装置を、雷雲起源のガンマ線・粒子線観測に応用し、高品位のデータ取得に成功したことにある。それにより、これまでは十分でなかったガンマ線、粒子線の判別に成功している。また、本研究での検証対象となった RREA は、大気の絶縁破壊強度($\sim 2\text{MV/m}$)よりずっと小さな約 300kV/m の地

上付近の電場での逃走電子雪崩発生を説明するモデルとして有力視されているものの、定量的研究は発展途上であり、本研究結果の寄与するところが大きい。特に日本海沿岸地域冬季に発生する冬季雷と、山岳地帯である乗鞍に発生する雷にはバーストの長持続性（数秒~数十分）という共通点があるが、これまでは観測例が少なかった。本研究では山岳地帯における長持続性バーストの複数観測例を得、同一グループの先行研究で得られた大飯における冬季雷での観測例と比較することに成功した。その結果、乗鞍ではガンマ線優勢で電子の寄与は最大でも 3 割であること、大飯では見出された中性子成分が乗鞍では検出されなかったことなど、独自性の高い研究成果を挙げている。

これらの解析結果の論文は蓑輪研究室所属メンバーと乗鞍観測所所属メンバーの混成チームである、蓑輪 眞 氏、瀧田 正人氏、井上 慶純 氏、黒田 康浩 氏、富田 望 氏との共著であるが、主要な解析および考察は加藤氏が自身でおこなっており、論文提出者加藤氏本人の寄与が十分であると判断する。

以上により、博士（理学）の学位を授与できると認める。