

平成 22年 6月 4日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007 ~ 2009

課題番号：19540301

研究課題名 (和文) 宇宙線時系列にみられる非線形現象の研究

研究課題名 (英文) The study of nonlinear phenomena observed in the arrival time series of cosmic rays

研究代表者

大盛 信晴 (OHMORI NOBUHARU)

高知大学・教育研究部自然科学系・教授

研究者番号：10117004

研究成果の概要 (和文)：

これまでの報告にあった高エネルギー領域の宇宙線のなかにカオスの特徴を示す時系列の宇宙線群が存在するという可能性について、新しく観測したデータを用いて非線形的特徴が分類できる解析方法で調べた。結果としては、明らかなカオス性を示す宇宙線群は見つからず、フラクタル的特徴を示す例が数例得られた。しかしながら、この結果には単独の装置での観測という限界があるため、従来の装置とは別に新しい観測装置を設置し、二つの装置による同期観測を開始した。この観測によって、フラクタル的特性を示す宇宙線群の相関に同時性が確認されれば、新しい宇宙線群の存在が実験的に検証されるであろう。

研究成果の概要 (英文)：

The existence of groups of cosmic rays, whose arrival time distribution shows chaotic character, has been reported. To confirm the existence of such phenomena, we analyzed high frequency air shower data with more rigorous energy criterion and more suitable non-linear method. As the result, we could not find the chaotic ones and all sequences of cosmic rays seems to be random ones, except few candidates with fractal behavior. But, this conclusion depends only on data observed with a single air shower array, and is not free from analytical methods. Our new experiment, two separated air shower arrays which observe cosmic rays at the same time, will find the clear evidence of such group of cosmic rays with non-linear characters.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2007年度 | 2,500,000 | 750,000   | 3,250,000 |
| 2008年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 2009年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 総計     | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 ・ 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：宇宙線

## 1. 研究開始当初の背景

1997年、近畿大グループは空気シャワーとして観測される高エネルギー領域の宇宙線の到来時間分布の中にカオス的特徴を示す宇宙線群が含まれているとの報告をした。その後、別の研究グループからはフラクタル的特徴をもった宇宙線群が存在するとの報告があった。このような結果が確かであれば、それまでランダムに到来してくることを前提として考えられていた宇宙線の発生源や宇宙空間での宇宙線の伝播に、これまでとは違った新しい機構が含まれている可能性を示唆するものとして早急な解明が必要と考えられる。しかし、一連の観測は地上での観測に制限されており、そのため低い頻度での宇宙線観測のデータを扱わざるを得ず、非線形現象を特定するために必要なデータ量として限界があった。それと同時に、これらの実験では宇宙線エネルギーなど空気シャワーとして必要な情報を観測しておらず、高エネルギー領域での宇宙線中に非線形現象を示す宇宙線群が存在するという断定には問題があると考えられた。

## 2. 研究の目的

(1) このような宇宙線の到着時間にみられる非線形現象の存在を明らかにするためには、高頻度での空気シャワー観測を行うことが必要で、大量のデータを用いることにより非線形的性質の定量的な解析が可能になる。このことは、とくに非線形的特徴をもつ宇宙線群がカオス的な性質をもっているのか、それとも確率的性質が主な原因である有色ノイズと呼ばれる現象に分類されるのかを明らかにできる。カオス的な場合には宇宙線の発生や伝播過程に力学的な要素が含まれていることを示唆しており、有色ノイズの場合はランダムな要素が主な過程となる。この分類結果によっては、非線形現象を示す宇宙線群の発生源や宇宙空間での伝播に対して大きく異なったモデルを考えなければならない。

(2) 一方、単発的な非線形現象の解析にまつわる不明確さを欠いた結論を避けるために、複数の観測場所での同時観測を行なう。それにより、非線形的特徴をもって観測された候補例を各観測所間での同期性を調べることにより、もし同期性のある現象が見つ

れば新しい宇宙線群の存在にたいして解析手法への依存を抑えられた、より直接的な確証となる。

## 3. 研究の方法

(1) 高い頻度でこのような非線形性の特徴をもつ宇宙線群を観測するため、高山での連続観測を行う。また宇宙線を空気シャワーとして観測するために、多数の検出器を高密度で配置した空気シャワー装置を用いて連続観測を行ない、地上で観測するより低いエネルギー領域からの宇宙線を観測する。それにより、フラクタル的特徴をしめす宇宙線群の非線形上の分類ができるだけでなく、エネルギー依存および到来方向分布もわかるので、その結果からこのような宇宙線群を生成する源や銀河空間の伝播過程についてこれまで提案されたモデルの妥当性を検討することが可能になる。

具体的には、高度5200mにあるボリビア国のチャカルタヤ観測所の空気シャワー装置を利用する。シンチレーション検出器を装置の中心部分に密に配置し、また空気シャワーの到来方向を決める検出器も大面積のを用いて、低いエネルギー領域からの宇宙線を観測出来るようにする。

(2) この観測と並行して、宇宙線群の存在を実験的に直接的に明らかにするため、観測所から30km離れたサンアンドレス大学のキャンパスに小規模の空気シャワー観測装置を新たに設置する。二つの観測装置の間で同期が行えるよう、GPSを利用した時間情報が得られるようにする。サンアンドレス大の装置では空気シャワーとしての情報は時間と到来方向しか得られないが、チャカルタヤ観測所で観測された非線形性をもつ宇宙線群とサンアンドレス大学の観測例との間に同時性をもつものが見つければ、このような非線形的特徴をもった宇宙線群が広がって降ってきたことのはっきりした確証になる。

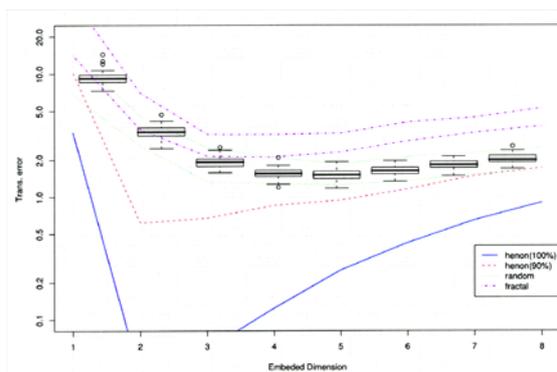
## 4. 研究成果

(1) これまで報告されたような高エネルギー宇宙線のなかにフラクタル的特徴をもった時系列を示す宇宙線群が存在している可能性について、高い頻度で観測されたデータを用い、より厳密な非線形解析の手法を使って調べた。約6年間に渡って観測された空気シャワーデータをWaylandテストの手法を用いて、ランダム、有色ノイズおよびカオス的

な性質をもつ宇宙線群へと分類した。結果は、明らかにカオス性を示す宇宙線群は見つからず、すべてがランダムなノイズと同じような性質を示した。ランダムとみられる中にはフラクタル特性をもった例が数例含まれていたが、いずれも有色ノイズの特徴をもつと思われるものであった。

少なくとも解析されたデータの中には近畿大グループが観測したような低い次元を示すカオス例は見つかっていない。

また、有色ノイズとみられる3例の宇宙線群の天球上の分布に異方性は見当たらなかった。



短時間領域における宇宙線時系列のWaylandテスト結果。埋め込み次元ごとの併進誤差の分布を表わす。空気シャワーのサイズ領域は $5 \times 10^4$ 以上を選択。

(2) しかしながら、上の結果は単独の空気シャワー装置での観測という制限をもち、非線形分類で用いたパラメータだけで、観測例を分離した不明確さの問題が残っている。そのため、チャカルタヤ観測所の空気シャワー装置と連動する新しい空気シャワー装置を30km離れたサンアンドレス大学構内に設置した。

2010年から二つの連動実験が始まっており、この同期された観測によって、お互いの装置で観測されたフラクタル特性をもつ宇宙線群の相関に同時性が確認されれば、解析手法に依存せずに、このような特徴をもつ宇宙線群の存在の明確な検証になるものと期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① S. P. Besshapov, K. V. Cherdintseva, A. P. Chubenko, N. M. Nesterova, N. M. Nikolskaya

, V. P. Pavluchenko, S. B. Shaulov, R. A. Nam, V. V. Piskal, N. G. Vildanov, L. I. Vildanova, J. K. Janseitova, H. Aoki, K. Honda, N. Inoue, N. Kawasumi, N. Martinic, N. Ochi, N. Ohmori, A. Ohsawa, M. Tamada, R. Ticona, Hybrid experiments with air-shower array and emulsion chamber at high mountains, 査読有, Nuclear Physics B, 196 巻, 2009 年, pp.118-121

- ② H. Aoki, K. Honda, N. Inoue, T. Ishii, N. Kawasumi, N. Martinic, N. Ochi, N. Ohmori, A. Ohsawa, M. Tamada, R. Ticona, Cosmic ray nuclear interactions and EAS-triggered families observed by the Chacaltaya hybrid experiment, 査読有, Nuclear Physics B, 175 巻, 2007 年, pp.174-177

[学会発表] (計 1 件)

- ① 大盛 信晴  
チャカルタヤで観測された空気シャワー一時系列の非線形解析  
日本物理学会、2008年9月21日、山形大小白川キャンパス

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等  
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大盛 信晴 (OHMORI NOBUHARU)  
高知大学・教育研究部自然科学系・教授  
研究者番号：10117004

(2) 研究分担者

本田 建 (HONDA KEN)  
山梨大学・医学工学総合研究部・教授  
研究者番号：10115321

中村 亨 (NAKAMURA TOORU)  
高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
研究者番号：90243815

(3) 連携研究者

なし