

極高エネルギー宇宙線のマイクロ波による検出

甲南大学大学院 自然科学研究科 物理学専攻
宇宙粒子研究室 修士1年 佐々木浩人

平成24年9月1日

1 introduction

10^{20} eV 以上のエネルギーを持つ宇宙線(極高エネルギー宇宙線)の起源と加速機構、加速粒子を解明するためには、統計量が重要な鍵になる。しかし、その到来頻度は1個/100km²yr と極端に少なく検出自体が非常に難しい。そこで高エネルギー宇宙線が地球大気中で生成する空気シャワーを地上で検出することにより到来方向とエネルギーを間接的に測定する方法がとられている。この方法は地上に莫大な検出器を建設する必要があり、その感度は限界に達しつつある。現在注目されているのが空気シャワー中の低エネルギー電子が大気分子制動輻射により等方的に発する電磁波を電波望遠鏡で検出することにより、高エネルギー線を効率的に検出する方法である。莫大な領域に検出器を並べる必要がある地表検出器とくらべて、リモートセンシングにより一つのサイトから広域をカバーできる利点があり、また月がなく天気がよい夜に望遠鏡により大気蛍光を検出する方法と比べて明るさや天候に左右されず常時観測ができるという利点がある。この方法は世界でいくつかのグループがテスト観測を行っているが、まだ検出に成功していない。甲南大学ではこの空気シャワーからの大気分子制動輻射によ

るマイクロ波検出をめざし電波望遠鏡システムを開発している。本講演ではこの電波望遠鏡システムについて報告する。

2 電波観測

空気シャワーからの電磁波の放射機構にはいくつかあるが、主なものを以下に4つあげる。

1. 地磁気によるシンクロトロン放射: 空気シャワー中の二次粒子が地磁気により進行方向を曲げられ、シンクロトロン放射により MHz 帯のマイクロ波を放出する。主に空気シャワーの前方への放射である。
2. チェレンコフ放射: チェレンコフ放射は主に紫外線領域の電磁波を放出するが、マイクロ波帯までその放射領域が続いている可能性が指摘されている。
3. 大気分子制動放射: 空気シャワー中の二次電子は数 10MeV のエネルギーを持つが、これらの電子は大気分子を電離することによりエネルギーを失う。電離により生じた数 eV の低エネルギー自由電子は大気分子で散乱され等方的

に広がると同時に制動輻射により GHz 帯のマイクロ波を放出すると考えられている。

4. echo 観測：空気シャワーは大気中にプラズマを作る。このプラズマに電磁波を当てることによりその反射波を検出する実験が行われている。この方法は流星の観測に使われており、成功すれば広域を効率よく観測できると期待される。

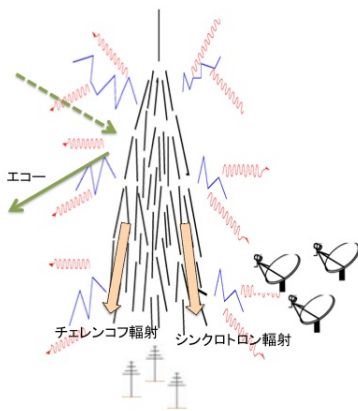


図 1: 空気シャワーと放射機構

甲南大学では MBR による放射帯域の中でも 12.25 12.75GHz の帯域をターゲットとし、甲南大学の屋上にパラボラアンテナを計 12 台設置した。これにより 4.5×6.0 度の視野を得た。



図 2: パラボラアンテナ

3 Setup

この装置の Setup を以下に示す。

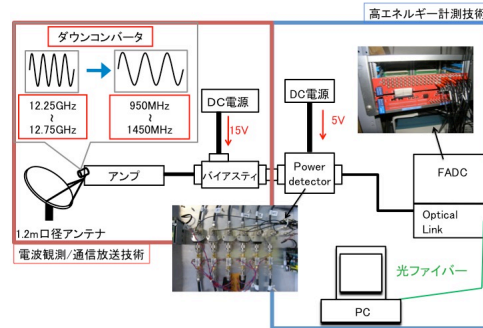


図 3: Setup

アンテナで受信した 12.25 12.75GHz の信号は、伝送時の減衰を緩和するためダウンコンバータで 950 1450MHz に変換し、バイアスティで交流成分だけ取り出す。パワーディテクタで検波し、FADC で変換後 Optical Link を通じて光ファイバーで PC に情報を伝達する。

4 結果

信号検出イメージの一例を以下に示す。パラボラアンテナは二偏光を受信しており、赤い波形が垂直方向の偏光信号、青い波形が水平方向の偏光信号を表している。

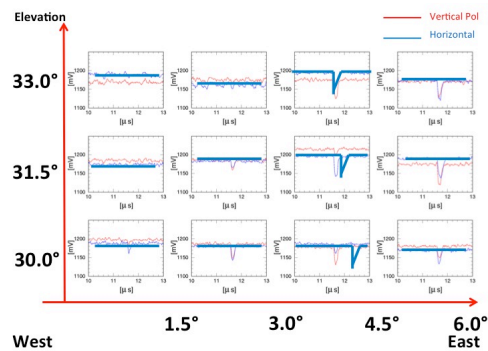


図 4: 信号検出イメージ

カスケードシャワーからの信号ならば、青太線のように縦の信号窓毎に遅延が見られることが期待されるがこの図ではそうでない。ノイズとなる人工電波は周期性を持ち、偏光されていると考えられるのでこの観点からもノイズの除去を行えるのではないかと期待している。冷却装置の開発も必要であろう。

5 まとめ

次世代の宇宙線検出方法の開拓めざして甲南大学に電波望遠鏡を 12 台設置し、 4.5×6.0 度の視野を得た。現在、極高エネルギー宇宙線起源のカスケードシャワーからの信号検出のために総合的なノイズの除去を行っている。