

## 平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：大気分子制動放射マイクロ波の検出と検出器開発  
英文：Research and development of detectors for MBR microwave radiations

研究代表者 荻尾 彰一 (大阪市立大学大学院理学研究科 准教授)  
参加研究者 山本 常夏 (甲南大学理工学部 准教授)  
秋宗 秀俊 (甲南大学理工学部 教授)  
福島 正己 (東京大学宇宙線研究所 教授)  
佐川 宏行 (東京大学宇宙線研究所 准教授)  
櫻井 信之 (大阪市立大学 大学院理学研究科 特任助教)  
山崎 勝也 (大阪市立大学 大学院理学研究科 博士2年)  
後藤 昂司 (大阪市立大学 大学院理学研究科 修士2年)

### 研究成果概要

本計画では、電子加速器 (Electron Light Source, ELS)から放出される電子ビームにより疑似空気シャワーを生成し、そこから発せられるマイクロ波の測定を行った。空気シャワー中の2次電子が大気分子を電離することにより生じる低エネルギー電子は分子制動放射によりマイクロ波を等方的に発すると考えられている。この放射を検出し、次世代最高エネルギー宇宙線観測に応用することを目指している。この実験は23年度から継続して行っており、大阪市立大学と甲南大学で検出器の開発を進めてきた(図1)。検出器は衛星放送受信用のBSアンテナを使い、信号を検波器でDC変換した後オシロスコープで読み込んでいる。



図1. 甲南大学屋上に設置した望遠鏡アレイシステム。12台の1.2m口径パラボラアンテナにBS放送受信用の検出器をとりつけている。全体で4.5度×6度の視野になっている。ここで開発した観測システムをTAサイトに設置して測定を行った。

平成25年3月に、開発した装置をユタ州のTelescope Array (TA)サイトに移設した。1.2m口径のパラボラアンテナ1台に12GHz領域の受信機を取り付け、低ノイズアンプにより波長変換を行っている。市販のアンテナを応用することにより比較的安価で高感度な検出器が製作できている。この装置をTAサイトにあるELSから約90mの位置にあるコンクリートパットに設置してデータを収集した(図2)。



図2. TA サイトに建設されたコンクリートパットの上に設置したパラボラアンテナ。1.2m 口径のパラボラに 12GHz の受信機を取り付けている。この望遠鏡からみて約 90m 前方に ELS が写っている。そこから鉛直上向きに電子ビームが放出される。後方には大気蛍光望遠鏡を格納している建物があり、夜間に観測を行っている。

放出される電子のエネルギーは 40MeVで、パルス幅 20ns、100pCのビームで観測を行った。電子数は  $6.3 \times 10^8$ 個で大気中でのエネルギー損失を考えると  $7 \times 10^{17}$ eVの空気シャワーの最大発達に相当する。このビームを 1797 回測定した。図3に測定データの例を示す。検波器からの出力はシステムのノイズレベルとアンテナが向いている夜空の熱放射を合わせた値に相当する。12GHzの周波数領域の振幅の値が電圧に変換されてオシロスコープで測定される。この時の出力レベルは約 48mVでこれは-32dBmに相当する。信号はビームが視野を通過する  $11 \mu\text{s}$ から 25.7 ns幅のネガティブな値として検出されるはずである。

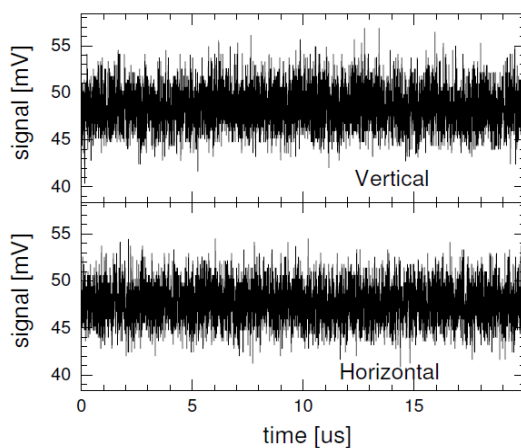


図3. 電子ビーム測定データの例。受信機からの信号を検波器で DC 変換してオシロスコープで読み込んでいる。縦軸の電圧値がマイクロ波の強度 [dBm]に相当し、約-32 dBm の信号が検波器に入っていることになる。MBR による信号が検出できていれば  $11 \mu\text{s}$  にネガティブパルスが 25.7ns の幅で見えるはずである。

この測定により有意な信号は検出されなかった。この結果から空気シャワーから発せられる 12GHz領域マイクロ波の等方的放射の上限を  $2\sigma$  の信頼性で求めると  $7 \times 10^{17}$ eVの空気シャワーから 0.5 m離れた位置の等方的放射強度は  $2.91 \times 10^{-16}$  [W/m<sup>2</sup>/Hz]以下であることになる。先行する実験により 3.8GHz領域での検出が報告されているが、今回の測定はその結果と同程度の値の上限を 12GHzで求めたことになる。この測定により開発された観測方法と解析方法を使い、検出感度を数桁向上させ測定を続ける予定である。