

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：小型電子線形加速器による空気シャワーエネルギーの絶対較正の研究
英文：Study of absolute energy calibration of air shower by
a compact electron linac

研究代表者 高エネルギー加速器研究機構 助教 芝田達伸
参加研究者 東京大学 宇宙線研究所・教授・福島正己
東京大学 宇宙線研究所・准教授・佐川宏行
東京大学 宇宙線研究所・特任助教・池田大輔
HanYang University・Professor・Byung Gu Cheon
HanYang University・Doctor course Student・Bok Kyun Shin

研究成果概要

平成 27 年度の課題は前年度に引き続き小型線形加速器(Electron Light Source ; ELS)を用いた TA 実験用大気蛍光望遠鏡(FD)較正であった。絶対エネルギー較正の基本は FD で検出される光子数が実データ (DATA) とシミュレーション(MC) とで一致するかどうかを確認する事である。エネルギースケールの補正量は DATA と MC の比で決まる。2015 年度は昨年度で既に解析したデータの追解析を行った。但しデータと比較する MC には昨年度よりも 1 つ多い 3 つの大気蛍光モデルを仮定した。1 つは TA が現在も使用している TA 公式モデル (Model-K)、1 つは 2012 年に作られた AirFly 実験等の複数の実験を平均化した参考モデル (Model-A)、最後の 1 つは FLASH 実験の結果 (Model-F) である。それぞれの MC と DATA を比較した結果、Model-K を使用した場合の DATA との比 ($DATA/MC \equiv R_{AFY}$) は昨年度と同様 1.257 であった。一方 Model-A、Model-F を用いた場合の R_{AFY} はそれぞれ 1.004, 1.008 であった。Model-A と Model-F ではその差は小さいが Model-K との差は大きい。つまりこれらの結果は Model-K のみが約 26%間違っている事を示唆する。一連の解析は 2 人の研究者によりお互い異なる解析ツールを用いてクロスチェックを行った。その結果互いの差は 4%であった。この差の原因追求は現在も進行中である。将来の新しいエネルギースケールに含まれる ELS の系統誤差も詳細に評価した結果、系統誤差は 8%であった。系統誤差の大きな要因は上記の 4%の他に電荷量測定精度 (3.5%) と FD のカメラ上の検出効率の非一様性 (5.5%) があり、これらの改善が重要な課題となる。この結果は 2015 年の宇宙線国際会議 (ICRC2015) で発表された。表 1 に ICRC2015 で発表した DATA/MC 比の結果と絶対エネルギー較正の系統誤差を示す。ICRC2015 後は ELS の結果を新しいエネルギースケールに反映するための議論が始まったが現在まだ特に大きな進展はない。

表 1: ICRC2015 で発表された解析結果のまとめ

Run	Atmospheric condition			R_{AFY}						
	T [°C]	p [hPa]	H [%]	Model-F	Model-K	Model-A				
1	7.3	855.1	29.2	0.998	1.245	0.996	1.	Q in ELS data	3.3%	Difference in two FC measurements
2	6.8	861.8	16.8	0.996	1.245	0.979	2.	Soft photon background	1.5%	Dependence in ELS beam parameters
3	0.0	865.1	47.9	1.004	1.264	1.011	3.	Cherenkov photon background	0.4%	Estimated and not subtracted
4	0.4	864.2	47.5	1.010	1.248	1.000	4.	FADC of simulation	4.0%	Difference by simulation package
5	-1.5	864.6	63.1	1.025	1.275	1.026	5.	P, T and h at BRM	0.5%	Difference of R by ambiguity of P,T and h
6	-5.0	864.3	71.3	1.017	1.267	1.014	6.	$\Sigma FADC$ in ELS MC	5.5%	Difference by pixel summation region
Average				1.008	1.257	1.004	7.	Telescope parameters	1.6%	Time, temperature dependence and others
							TOTAL	7.9%	quadratic sum of 1-7	

表 1: (左) 2014年に取得した6セットのDATAと各大気蛍光モデルを用いたMCの比(R_{AFY})。各データセットは空気の気温、気圧、湿度が異なる。(右) 絶対エネルギー較正の解析に関する系統誤差。1項目はビーム電荷量測定精度、2項目はバックグラウンドガンマ量、3項目は検出チェレンコフ光量の期待値、4項目はクロスチェックの差、5項目は空気の温度、気圧、湿度の変化に対する R_{AFY} の変化量、6項目は望遠鏡上の非一様性、7項目は6セットの R_{AFY} のばらつきを示す。