

平成24年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：エマルションチェンバーによる高エネルギー宇宙線電子の観測
 英文：Observations of high-energy cosmic-ray electrons with emulsion chambers

研究代表者 芝浦工業大学システム理工学部・教授・吉田健二

参加研究者 元青山学院大学理工学部・助教・小林正、神奈川県立保健福祉大学・教授・古森良志子、東京大学宇宙線研究所・助教・大西宗博、東京大学宇宙線研・技術補佐員・小林孝英、東京大学・名誉教授・西村 純

研究成果概要

我々はエマルションチェンバー（ECC）を用いて、宇宙線源、宇宙線加速・伝播機構の解明を行うために、高エネルギー宇宙線電子の気球観測を行ってきた。ECCは、宇宙線源の解明にとって極めて重要な1TeV以上の電子の直接観測で最も統計精度の高い観測結果を出している実験である。ECCの優れた特徴の一つに $1\mu\text{m}$ 以下という位置分解性能があり、高い入射粒子識別能力（電子観測における陽子除去能力 $>10^5$ ）や9r.l.という薄い検出器での高エネルギー電子観測を実現している（図1）。

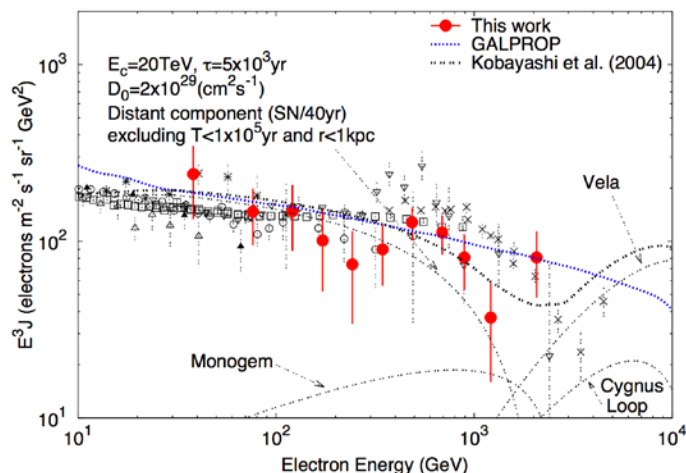


図1：ECCによる宇宙線電子エネルギースペクトル（T.Kobayashi et al. Ap. J. 760, 146, 2012）。

ECCに高エネルギー電子が入射すると、ターゲットとなる鉛板で制動放射によるガンマ線が発生し、ガンマ線がさらに電子対生成により電子・陽電子を生成し、3本の電子トラックがエマルションに記録される。ECCでは、 $1\mu\text{m}$ という優れた位置分解能を利用して、この1本の電子トラックが3本の電子トラックになった深さをシャワー発生点として測定することが出来る。LPM効果が存在すると、Bethe-Heitler (BH)の制動放射断面積が小さくなりガンマ線発生確率が減少し、シャワー発生点がBHで期待される深さよりも深くなる。このため、シャワー発生点の深さを測ることによりほぼ直接的にLPM効果の検証を行うことができる。これまでECCでは、2004年に実施したCERN-SPSによる電子50GeV、200GeV

ビーム照射実験により、統計的に有意にLPM効果の検証に成功している（図2）。

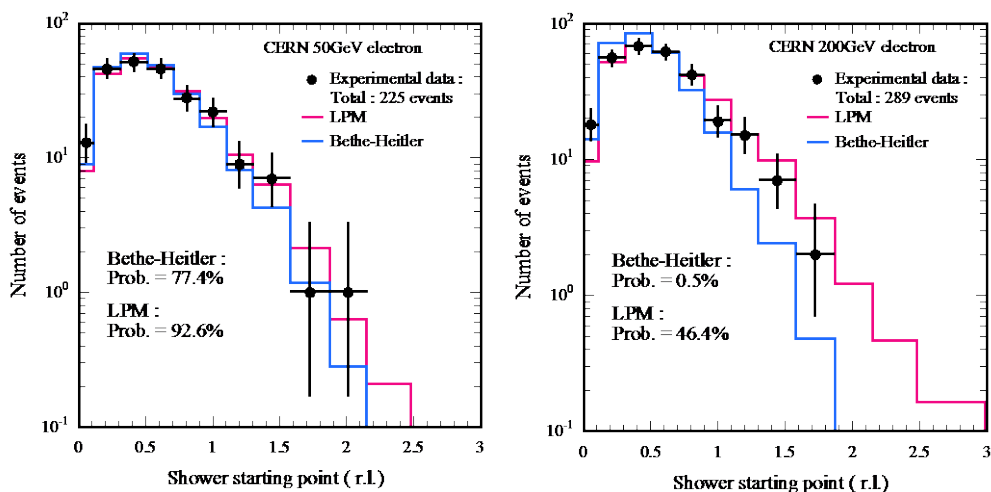


図2：電子 50GeV、200GeV でのシャワー発生点分布。BH 断面積および LPM 効果で期待される分布と比較している。

本年度は、2008 年に実施した CERN-SPS での電子 250GeV ビーム照射実験のデータ解析を行うとともに、ECC 気球観測データも用いて、より高エネルギー領域での LPM 効果の検証を行った。その結果、電子 250GeV のシャワー発生点分布では、BH で期待される分布とは一致せず (Prob. = $2 \times 10^{-5}\%$)、LPM 効果で期待される分布と良く一致することが示された (Prob. = 62.5%)。また、気球実験による 400GeV 以上の宇宙線電子でのシャワー発生点分布を求めると、BH で期待される分布とは一致せず (Prob. = 1.8%)、LPM 効果で期待される分布と良く一致することが統計的に有意に示された (Prob. = 38.4%)。

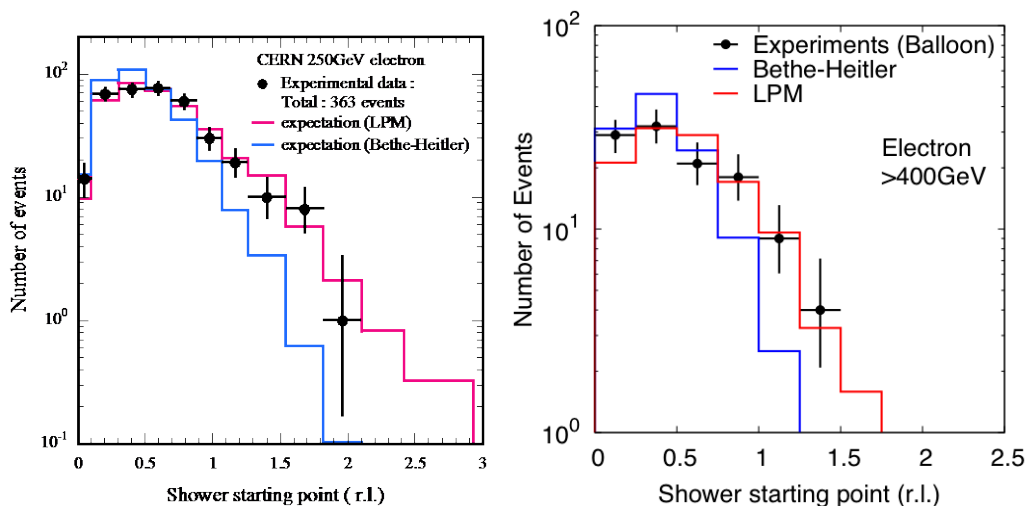


図3：電子 250GeV (CERN-SPS)、電子 400GeV 以上 (気球実験) でのシャワー発生点分布。

整理番号