

令和 7 年度 (2025) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：新しい宇宙線空気シャワーシミュレーションコードの開発 英文：Development of a new code for cosmic-ray air shower simulation
研究代表者	埴隆志
参加研究者	常定芳基、藤井俊博（大阪公立大）、毛受弘彰（名大）、櫻井信之（徳島大）、吉越貴紀、大石理子、野中敏幸、木戸英治、武多昭道、西山竜一、釜江常好（東大）、榊直人（理研）、笠原克昌（芝浦工大）、芝田達伸、板倉数記（KEK）、大嶋晃敏、山崎勝也（中部大）、日比野欣也、有働慈治（神大）、多米田裕一郎（大阪電通大）、奈良寧（国際教養大）、土屋晴文（原子力機構）
研究成果概要	汎用空気シャワーシミュレーションコード COSMOS X の開発を進めるために以下の活動を行った。 1. 月例のメンバー会議で COSMOS X の開発報告、ユーザー対応報告、空気シャワー実験、理論、加速器実験に関する情報共有等を継続し、バグ修正や今後の開発方針などを議論した。 2. Git サーバーをレンタルサーバに移行し、gitea での運用とすることで、開発参加者の裾野を広げ、開発チームに若手研究者を加えた。 3. ユーザーからの問い合わせに対応し、必要に応じてマニュアルの改訂とサンプルコードの作製を進めた。下記に詳述。 4. 宇宙線国際会議で開発状況をポスター発表した。CORSIKA 開発者との議論も行い、近く CORSIKA 7/8 との比較研究を行うこととした。 5. CRC タウンミーティングでポスター発表を行なった。 今年度は、1) 雷雲電場中での二次宇宙線の再加速過程の計算、2) 地磁気中での宇宙線軌道の計算、3) 空気シャワーの地上と地下同時観測、に関するユーザーからの問い合わせに対応した。1) は、博士課程学生の研究課題としての利用で、既存の MyField サンプルの使用方法的指導を行った。当該学生の研究テーマとして進展しており、COSMOS X を用いた結果を含む発表が物理学会における学生優秀発表賞を受賞した。2) は地球科学系の学生による利用で、地球磁場強度変動に応じた臨界剛度を計算する目的である。新たに BackTrace というサンプルコードを作製し提供した。任意の観測地点

から反陽子を打ち上げて、磁場以外との反応を無効にした飛跡追跡を行うことで、臨界剛度を求めることができる。図 1 に BackTrace コードで計算した、臨界剛度ギリギリの宇宙線の地磁気中での飛跡例を示す。現在、このコードを利用して研究が進行中である。3) は、空気シャワーの地上と地下の同期測定実験を設計するための利用である。COSMOS X の特徴である、地面やシンチレータをシームレスに計算できる機能を活かして、GEANT4などを介さずに地下の計算が可能である。UnderGround というサンプルを作製し提供した。図 2 に UnderGround サンプルのセットアップと計算例を示す。地表と地下 1m の室内にプラスチックシンチレータを配した設定で、シンチレータ内のエネルギー損失を出力する。右は 100TeV 鉛直入射陽子の観測例で、地表で多くの粒子が検出されているのに対して、地下で信号量が減っていることがわかる。また、1m の地中で生成したパイ中間子による局所的なハドロンシャワーの様子もわかる。本コードを用いた同期実験の設計研究が進んでいる。

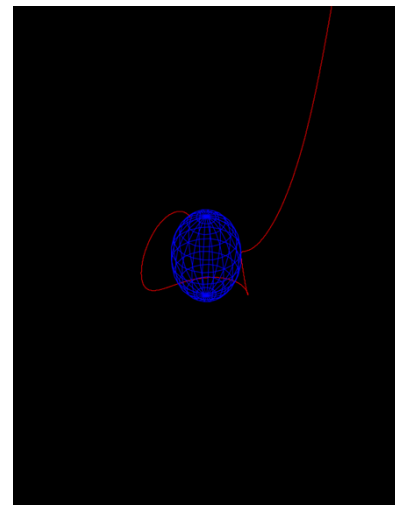


図 1：臨界剛度ギリギリの宇宙線の飛跡

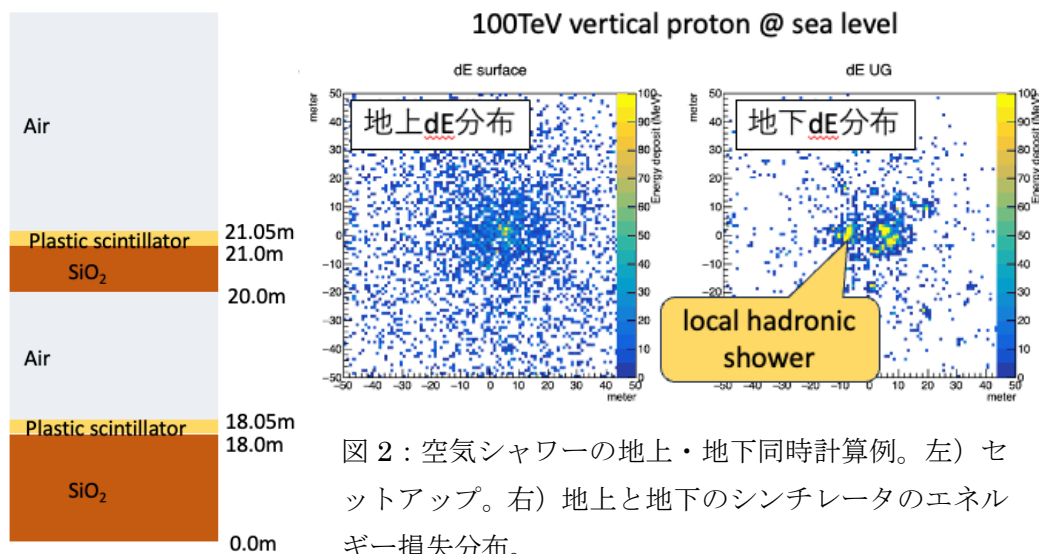


図 2：空気シャワーの地上・地下同時計算例。左) セットアップ。右) 地上と地下のシンチレータのエネルギー損失分布。

2026 年度にはこれらの新たなサンプルコードとマニュアルを整備した新しい COSMOS X をリリース予定である。