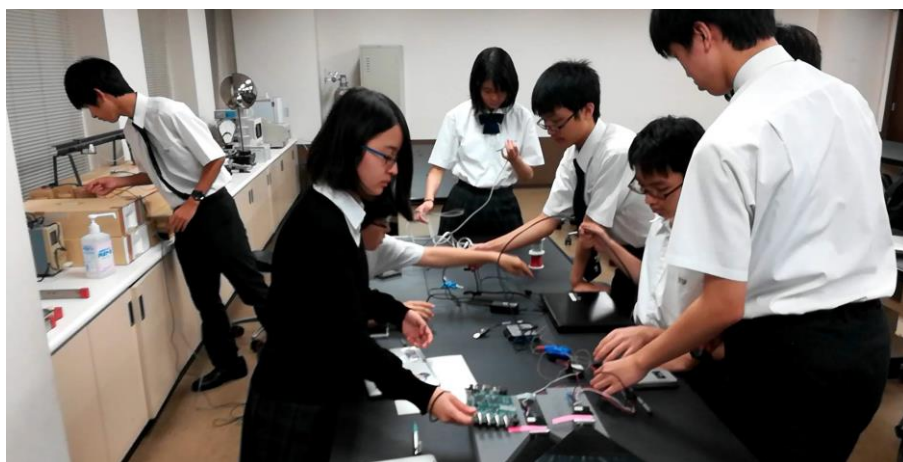


宇宙線計測の中高大連携ネットワークの構築及び宇宙天気観測



東北大学
助教 田中香津生

1 概要

本プログラムでは中高生を主体とした宇宙線計測活動を活性化するために、大学・研究機関と中学高校による国内最大の宇宙線測定に関する中高大連携ネットワークの構築を目的としている。

今年度は、持続的なネットワーク構築のため中高生でも扱える国産の宇宙線検出器を開発し、広尾学園中学・高等学校に導入した。また、宇宙天気の観測を初めとした複数箇所での測定データを必要とする研究活動の展開を目指して、3校での宇宙線の同時測定をテストとして行い、それぞれの学校の生徒によって同時に飛来する宇宙線の解析など必要になる基本的な解析手法を確立した。また、それぞれの学校間で定期的にビデオミーティングを介して交流・議論する環境を構築することができた。

2 背景

2-1 研究啓発活動としての宇宙線計測

近年放射線リテラシーが注目される中、素粒子・原子物理の教育活動の重要性が強まっている。

しかし、十分な研究・実験環境を確保できない中学・高校において十分な教育を行うことはこれまで難しかった。その中で、宇宙線測定は加速器などの大型装置に依存せずに取り組むことができるため、学校内の研究活動として最適なテーマといえる。

これまでアメリカを中心とした共同組織 **QuarkNet** が国際的に中高への宇宙線検出器の配布活動を行っており、これまで日本国内では6校の中学・高校に設置が行われていたが現在ではほとんど運用されていない状態であった。そこで、本プログラムでは粒子線測定に対する専門的知見を有した東北大学加速器施設の研究者と各中学高校をむすぶ国内ネットワークを構築し、以下のように運用上内在していた3つの課題について取り組んだ。

1. **検出器の供給**：QuarkNet の活動資金の観点で、日本への検出器の供給が途絶えている。国外に依存しない展開を行うため、中高生にも扱える安全な国産の検出器の開発・供給を行う。
2. **検出器の整備**：各検出器のメンテナンスも十分でなく、約半数が修理を必要としている。各学校では難しい検出器のメンテナンスを担い、全て運用可能な状態にする。
3. **研究サポート**：研究活動の専門的なサポートが十分でなく、検出器設置済の学校ではほぼ未運用。各学校での研究活動に宇宙線・素粒子物理の研究者がメンターとして関わり、各学校の生徒間の研究交流を促進することで単独の学校では難しい専門的な共同研究活動を展開する。

特に研究サポートについて複数の学校による共同研究として宇宙天気（太陽活動による地磁気の影響）の観測及び超高エネルギー宇宙線探索を計画した。宇宙天気による社会への影響としてGPSの精度低下等がある。その中で、宇宙線の強度や角度分布は地磁気に対して敏感なため、広大なエリアで宇宙線測定を同時に行うことで宇宙天気を観測できる[1]。また、宇宙線は宇宙背景放射の影響でエネルギーの上限値（GZK 限界）が存在するが、これを超える宇宙線の有意な観測が AGASA 観測所によって行われている[2]。国内に広く分布している宇宙線検出器を同時に運用することで、独自に GZK 限界を超える超高エネルギー宇宙線の探索を行う。2018 年度はこれらの活動に際して、国産検出器の開発及び導入隣の検出器のメンテナンスを進め、複数校での同時測定のテストに取り組んだ。

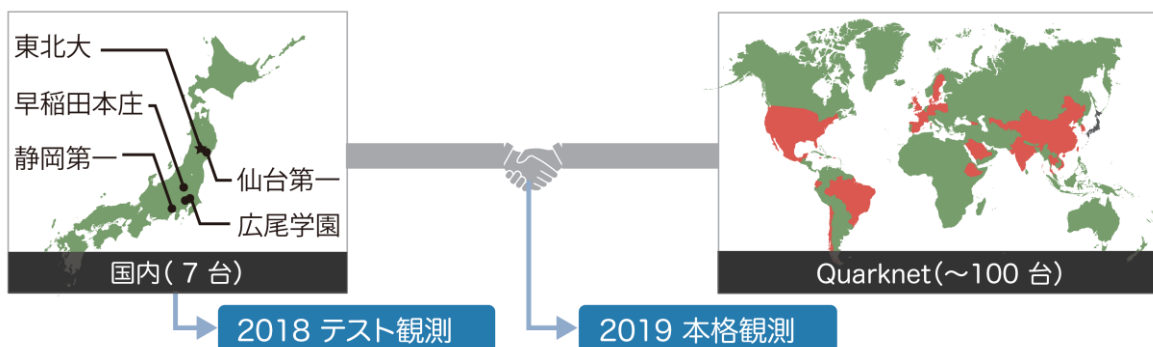


図 1. 米国を中心とした Quarknet と協同しながら、国内のネットワーク形成を行う。

3 活動内容

3-1 国産検出器の製作

通常光電子増倍管とプラスチックシンチレーターを組み合わせた検出器は高電圧を必要とするため、中学・高校では運用が難しい。そこで、5V の電圧で駆動する浜松フォトニクス社の H10426 を用いることで、安全な宇宙線検出器を開発した。検出器から付属機器まで含めて 1 つのアルミケースに収納できるようになっており、簡便に持ち運びができるのも特徴である。この 2 つの検出器を共同実施校の広尾学園中学校 高等学校に設置し、高校生の学内研究活動として測定活動を開始した



図 2. 宇宙線検出器の外観



図 3. 計測活動を行っている様子

測定にあたって、2018 年 6 月 15 日と 2018 年 9 月 1 日に東北大学の研究者が広尾学園中学・高等学校に赴き、測定及び解析に関するワークショップを研究チームを対象に実施した。この中で、検出器の基本的な使い方及び、Python を用いたデータ解析の手法について実習を行い、中高生が自分なりの測定活動を行うことができるようになった。また、同様のワークショップを早稲田大学本庄高等学院でも行い、既存の環境では難しかった中高生主体の同時測定の高度な解析が可能になった。

3-2 複数校における同時測定の実験

宇宙天気観測や超高エネルギー宇宙線探索に向けて、複数校での同時測定の実験を10月12日～10月15日、早稲田大学本庄高等学院と静岡北高等学校で、11月19日～11月26日に2校に加えて広尾学園中学・高等学校の3校で行った。それぞれの地点での検出時間はGPSを用いて同期して比較した。ある2地点間の検出信号に対して検出時間差 T 以下のものを同時検出と定義した時、同時検出頻度と検出時間差 T にどのような関係があるかを解析した。

仮に2地点での宇宙線計測が独立事象の場合、地点Aでの検出頻度 (r_A) と地点Bでの検出頻度 (r_B) を用いて同時検出頻度 (R) は以下のようにあらわすことができる。

$$R = r_A(1 - e^{-r_B T}) + r_B(1 - e^{-r_A T})$$

本測定において、2地点での宇宙線飛来時間差に相当する検出時間差 (T) でこの式で得られる同時検出頻度より優位に大きい場合、何らかの関連した現象由来と示唆することができ、その候補として超高エネルギー宇宙線が考えられることになる(図○)。このテスト解析をそれぞれの学校の生徒のコラボレーションによって協力して進められ、測定の実験的誤差の評価が進められている[3,4]。

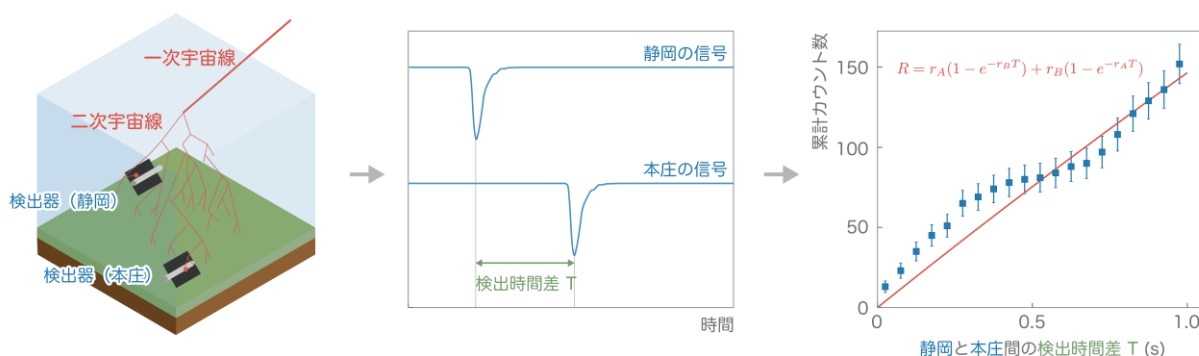


図4. 静岡と本庄で宇宙線測定を行った時、二地点での検出時間が検出時間差 T よりも十分短いことがある。このようなイベントの頻度と検出時間差 T の関係を理論式と比較する。

3-3 成果報告

本成果は以下の学会等で発表を行った。

第8回 超異分野学会 本大会

「広範囲同時測定による超高エネルギー宇宙線探索」

広尾学園 伊勢 千沙子

中学校と素粒子・原子物理分野の橋渡しとしての

「Quarknet Japan」と「加速キッチン」

東北大学 田中香津生

リバネス主催の超異分野学会において、東北大学の研究者と広尾学園の高校生がそれぞれポスター発表を行った。また、ショートプレゼンテーションに登壇し、全53演題のうち最優秀としてテクノロジースプラッシュ賞を受賞した。

第15回日本物理学会 Jr.セッション

「広範囲同時測定による超高エネルギー宇宙線探索」

広尾学園 伊勢 千沙子

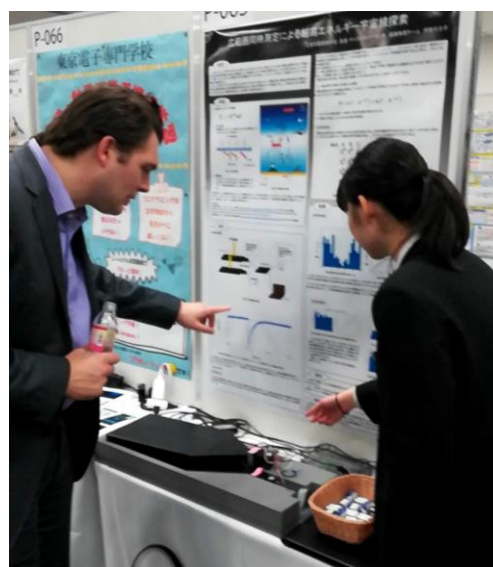


図5. 超異分野学会において外国人研究者に検出器を実演

4 展望

当初の目標の3点についてそれぞれ、以下のように達成することができた。

1. 検出器の供給

中高生に扱える安全な国産宇宙線検出器を開発した。また測定・解析を簡便に行えるフレームワークを構築することで、2回のワークショップで独自に測定活動が出来ることを実証した。

2. 検出器の整備

データ収集系が故障していた茗溪学園の宇宙線検出器のメンテナンスを行い、運用可能にした。その他装置共有やメンテナンスを通して7校全てで測定可能な環境を整備した。

3. 研究サポート

3校での宇宙線同時測定を行い、宇宙天気の観測、超高エネルギー宇宙線探索に向けたテスト解析を開始した。また月に2回程度の複数校によるビデオミーティングを行い、それぞれの測定や解析内容を共有するビデオミーティングを月に2回程度実施し、全国の学校間の共同研究環境が確立できた。

また、研究ネットワークのウェブサイト (<https://quarknet.kaduo.jp/>) を構築し、全国の中学高校及び企業への広報活動を促進した。複数の中学・高校から検出器導入の検討・要望があり、連携を検討中の企業や研究者も増えつつあえる。

次年度は以下の3点を目標に取り組む予定である。

1. 持続的なコンソーシアムを維持するために、検出器だけでなくデータ収集用ボードも含めて国産開発を進めるため、企業連携を進める。宇宙線だけでなく、ポータブル電波望遠鏡の導入による併用観測も計画している。
2. 中高生による本格的な宇宙天気の観測及び超高エネルギー宇宙線探索を開始する。宇宙天気について太陽活動と比較することで相関性の検証を行い、超高エネルギー宇宙線については飛来頻度の上限値を求める。

謝 辞

このプログラムは、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成により実施することができました。感謝申し上げます

参考文献

- [1] M. Rockenbach et al., *Geophys. Res. Lett.* **38**, 116108 (2011)
- [2] M. Takeda et al., *Phys. Rev. Lett.* **81**, 1163 (1998)
- [3] 伊勢 千沙子 他, 第8回 超異分野学会 本大会 ポスター発表(2019)
- [4] 伊勢 千沙子 他, 第15回日本物理学会 Jr.セッション ポスター発表(2019)