

2020年度 カテゴリー3

1. 組織概要			
(ア)組織名	探Q (国立大学法人 東北大学)		
(イ)代表者名	田中香津生		
(ウ)所在地	宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3 東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター		
(エ)電話番号	022-795-4392	(オ)FAX 番号	
(カ)担当者名	田中香津生		
(キ)担当者メールアドレス	tanaka@kaduo.jp		

2. 教育プログラム名	
中高大・研究所による宇宙線観測活動コンソーシアム	
3. 教育プログラム <b>実施概要</b>	
<p>探Qでは中高生でも手軽に導入可能な宇宙線検出器の製作・配布および、検出器を活用した宇宙線探究活動のサポートを行うために全国の中高大・研究所によるネットワーク構築を行っている。本活動をより全国に拡大するため、以下の取り組みを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・異能発掘を目的に、オンラインを中心とした宇宙線観測ワークショップの実施</li> <li>・より直感的で高度な探究が可能な検出器の開発及び年間50台程度の量産</li> <li>・Slack等を活用したオンラインメンタリング体制の確立及び大学生～大学院生による研究サポートの拡充</li> <li>・中高生探究グループを年間20テーマ程度追加で受け入れ</li> <li>・継続的な活動を自走して行うために、法人化及び中小機構と連携した産学連携体制やSTEM教育事業との連携</li> <li>・Global Cosmic Group への参画等国际連携の強化</li> </ul>	
4. 教育プログラム規模	
(ア)教育プログラム対象者数 (実績数)	82 名
(イ)助成実績金額(2020年度分・見込み)	5,400 千円 (税込)
5. 教育プログラムの <b>実施結果</b>	
(ア)プログラム内容の <b>実施詳細</b>	

・【発掘・育成の手法】実際に適用した手法・プロセス・手順を記載下さい。

#### 【発掘】

2020年度はコロナ感染症の影響でオフラインでのワークショップの開催数を大幅に制限した。代替となる全国の中高生に探究活動を知ってもらう機会として、新しくオンラインを活用したワークショップ等を企画した。この試みによってより様々な地域の中高生に宇宙線探究に関心を持ってもらい長期的な探究のきっかけとなった。

#### - オンライン宇宙線観測体験会

2020年11月15日、県外移動が難しい状況でもより多くの中高生に宇宙線探究を知ってもらうきっかけとしてオンラインでの宇宙線観測体験会を行った。参加者はZOOMのブレイクアウトルームを利用して各グループに分かれて観測を行う。それぞれのグループで大学生メンターが宇宙線検出器を接続したPCとともに参加しており、この検出器を用いて一緒に遠隔で宇宙線測定を行う形式となる。測定データは即時クラウド上にアップロードされ、ZOOMを用いて議論をしながら各参加者のPC上で観測目的にあわせた解析を楽しんだ。本イベントには中学2年生から高校2年生までの20名が5つのグループに分かれて行い、宇宙線の天頂角依存性というテーマに合わせてオンラインながら活発に議論を行った。本イベントをきっかけに各学校で仲間を集めて長期的な探究活動を3名が開始しており、宇宙線探究に関心を持ちうる学生の発掘に成功したといえる。



図1. オンライン宇宙線観測体験会の様子

- 検出器製作ワークショップ

より多くの大学生に本活動を知ってもらい、宇宙線探究のサポートに加わってもらうために、検出器を実際に自分で一台作り、測定を行う検出器製作ワークショップを東北大学で行った。理工系の学部生でもハンダを使った電子工作の

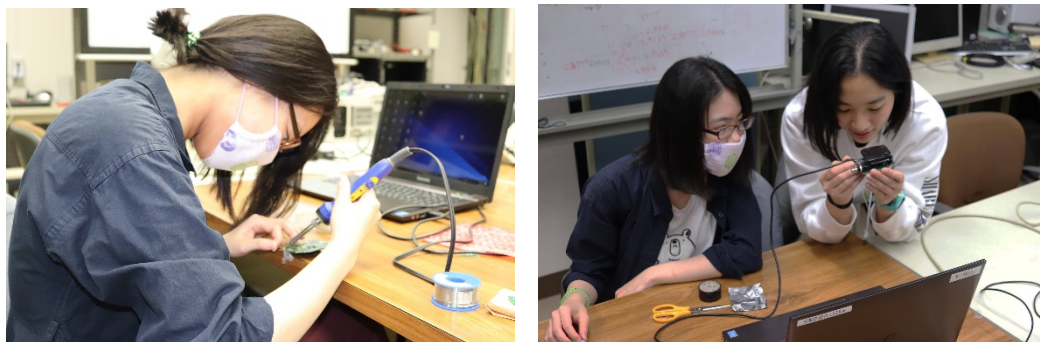


図2. 検出器製作ワークショップの様子

経験がない大学生は多いが、シンチレーターの接合等本質的な製作工程に絞ることで、半日程度で参加者全員が検出器を製作して観測を行うことができた。この活動を通して宇宙線探究に関心を持ち中高生メンターとして本活動に参加した大学生もいる等、目的とした波及効果が達成できている。また、検出器製作・観測は通常物理系の大学生が4年生次の卒業研究等で行うものであり、大学での学習活動が制限されている中で、実際に手を動かして実験・解析を行う貴重な機会にもなったといえる。

- 学校内での授業・イベント（豊島岡、立教新座、科学みらい館）

オンラインと現地開催の複合形態としてオンラインを活用した高校の授業への導入や学校の探求イベントの実施を行った。2021年1月12日、19日に合計4コマ行った立教新座の高3対象の授業では、事前に現地に検出器を送った上でGoogleMeetを用いて、大学生が測定方法を説明して観測活動を行った。

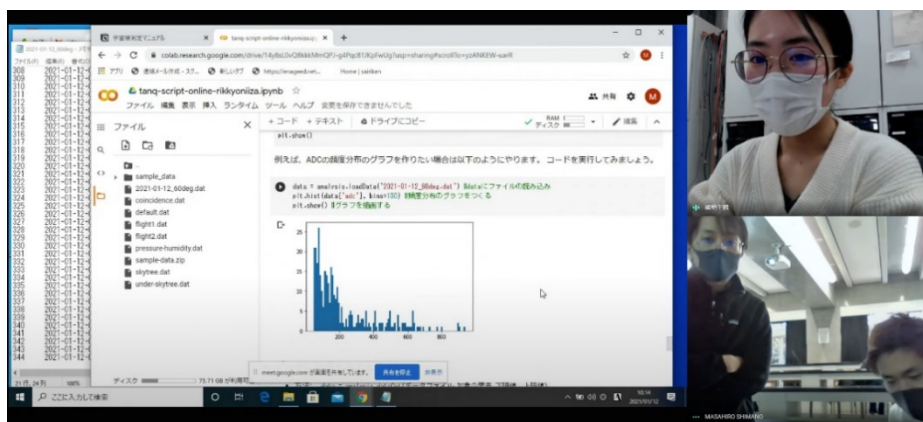


図3. 立教新座高校の授業実践の様子

2021年1月16日に行った豊島岡女子学園のワークショップでは約60名が参加して、既に宇宙線探究活動を行っている中学生3名が研究紹介及び、宇宙線探究の解析実演を行った。ワークショップとして実際に参加者に計測・解析を行ってもらう予定だったが感染症の影響で行えなかったため、宇宙線の観測を参加者が楽しめるようにサンプルデータの解析が体験可能なウェブページを用意してリンクを送ることで、終了後自宅で体験してもらった。

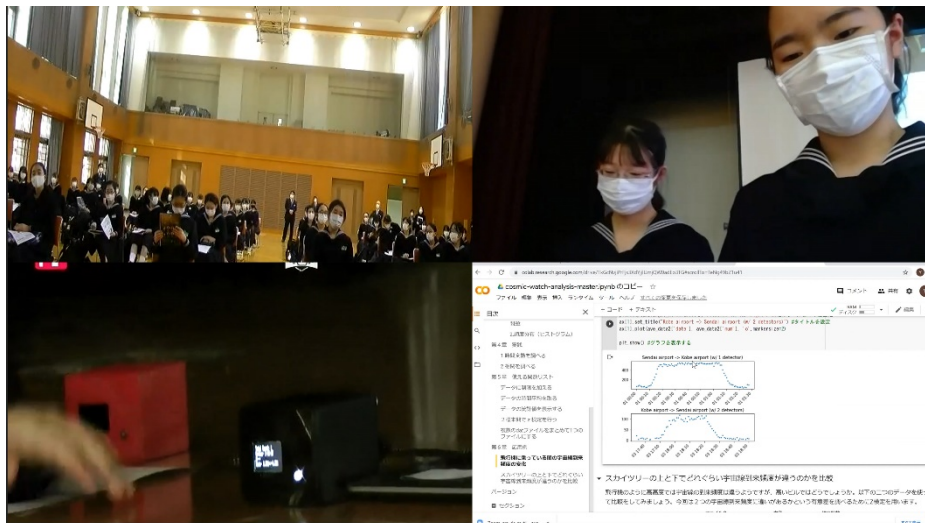


図4. 豊島岡女子学園の中学生主導の体験ワークショップの様子

12月18日に科学未来館で2020年に開発した OSECHI 検出器をはじめて用いた宇宙線観測体験を行い、8名の中高生に加えて一般の参加者9名が天頂角依存性測定を行った。



図5. 科学未来館のワークショップの様子



### - オンライン進捗報告会

全国の中高生に宇宙線探究を発信し、探究を行っている中高生同士の交流を促進する目的で、2020年6月、12月の2回オンラインでの進捗報告会を行った。ZOOM webinar および Youtube Live を活用して、それぞれおよそ200名が視聴した。それぞれ東京大学鳥居寛之准教授等、放射線や宇宙線に関する専門家にも聴講していただき、中高生へのフィードバックを行っていただいた。

### 【育成】

直接学校に訪問する等がコロナ感染症によって難しくなったため、完全オンラインでの探究サポートを行った。これまでおよそ20程度の探究グループのサポートを行い、いずれも1年にわたって研究を深めて様々な学会等での発表を果たしており、オンラインでの研究サポートが以下のようなツールを活用しながら十分機能していることが分かる。

#### - Slack を用いたチャットコミュニケーション

研究者・中高生を含んだおよそ150名のチャットコミュニケーション基盤を Slack を用いて構築した。1年間でおおよそ2万ポスト程度の書き込みがあり、実際に中高生・研究者がこの Slack 上で活発に議論・交流していることが分かる。

#### - ZOOM を用いたメンタリング

各研究グループごとに隔週での ZOOM メンタリングを実施して、その様子の動画やあらゆる資料をプログラム内で共有するようにした。現在およそ500程度のメンタリング動画が共有されており、様々な探究サポートに関する知見が蓄積している。

### 【装置開発・配布】

これまで、性能やコストの異なる3種類の検出器を製作・配布を行ってきたが、特に2020年度は安価で限られた環境でも手軽に中高生が宇宙線探究を始められるような改良や新規開発に注力した。

#### - CosmicWatch

2019年度に作成したモデルをベースに、2020年度中に大学生を中心として50台程度の量産を行い、およそ20程度の探究グループに配布を行った。同時により手軽に深い探究を行えるように以下の改良を行った。

##### ○ 気圧や湿度センサーの搭載

複数の探究グループが宇宙線と天候等との関係をテーマとしており、これまでも測定可能だった温度に加えて測定地点における気圧や湿度のデータが観測できることでより天候との関連性を探究できるようになった。

##### ○ SD カードにデータ保存が可能に

学校によっては24時間PCを用いた測定が難しいケースがあったが、SDカードを搭載することで検出器のみで定常的な観測が可能になった。例えば飛行機での宇宙線到来頻度観測といったPCの常時接続が難しい場合での観測に用いられている。

- GPSを搭載して位置情報や正確な時間情報を記録できるように複数の探究グループ同士で同時に観測を行う等の場合に時間の同期が重要になってくる。GPSモジュールを搭載することで、正確な宇宙線到来時間を計測して異なる測定地点でのデータの時間成分が比較できるようになった。

#### - OSECHI

完全国産検出器（OSECHI）について高エネルギー加速器研究機構と連携してバージョン2の開発を完了した。バージョン2ではおせち箱の中に全ての構成要素が実装されオールインワン化が達成されている。USB接続で駆動・データ収集が可能で3枚のシンチレータ検出器を用いた様々な観測活動が可能になっている。さらにGPS等の関連したモジュールを搭載したバージョン3についても開発中である。

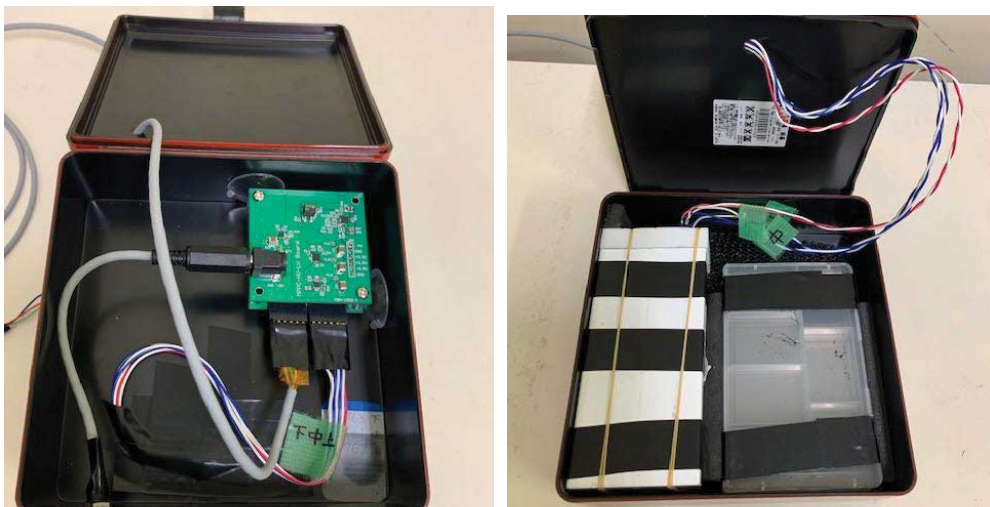


図4. OSECHI 検出器

#### 【国際交流】

##### - アルゼンチンとの交流

宇宙線検出器をアルゼンチンの科学クラブに寄贈し、日本の複数の探究グループとの共同研究を開始した。アルゼンチンは日本と距離が離れているだけでなく、標高が高く地磁気も特異的に小さいことから、宇宙線のデータを比較することで日本だけではできない研究テーマを行うことができるようになった。また、2020年12月にはアルゼンチンでは皆既日食が観測され、当時の宇宙線データを用いた解析

のサポートを日本の中高生が行うなど様々な研究交流が進んでいる。

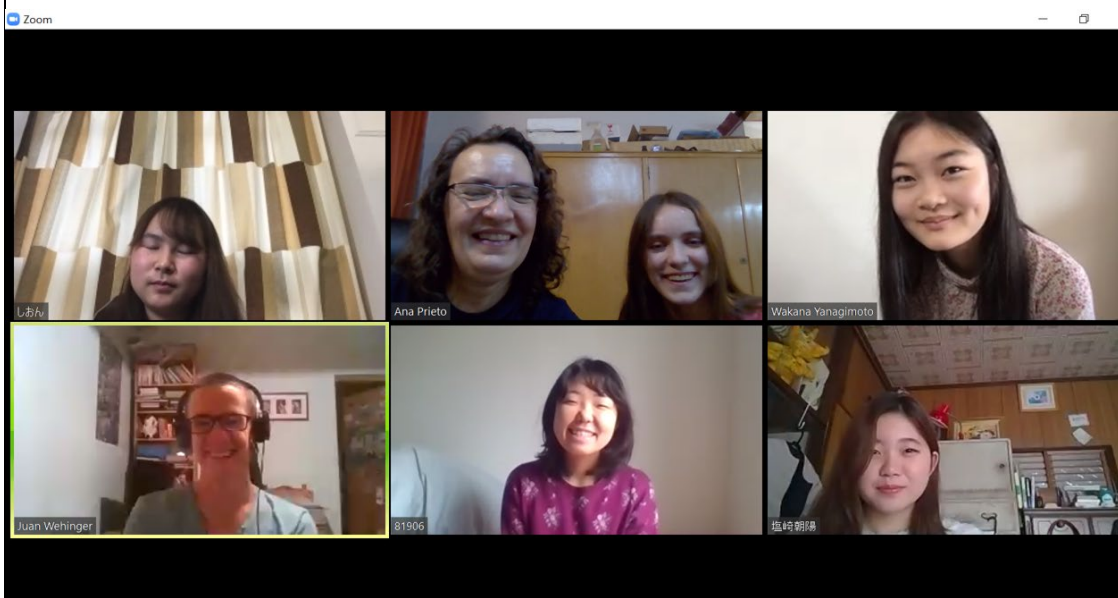


図4. アルゼンチンとの ZOOM を用いた研究ディスカッション

(イ)プログラム目標と達成状況

特に、応募時の検討項目の達成度合い（○／△／×）を記載下さい。

1. プログラム内容の特徴（趣旨との合致）（達成度合い：○）

- 異能・先端な高校生の発掘・育成が実現できたか。

目標の70名を上回る82名の中高生が探究活動に参加して、およそ20程度の探究グループが宇宙線探究を開始した。それぞれ古墳と宇宙線を組み合わせた学際的な探究や、高専による宇宙線検出器の開発そのものを探究テーマにしたもの、全国で初めてリモートによる大型加速器実験を行い加速ビームエネルギー測定を行ったもの等、中高生ではこれまで国内では事例のない様々な探究が行われ、その背景として高度な電子工作、ビックデータの解析等様々な技能を発揮する事例が得られた。

また、以下のようにそれぞれの活動は様々なコンテストでの受賞やメディアでの報道等で活発に発信されており、異能・先端な高校生の能力を十分に引き出しそれをアウトプットする機会を創出できていると考えられる。

コンテスト・番組	学校・グループ
日本学生科学賞東京都大会奨励賞	豊島岡女子ミュオンズ
全国高等学校総合文化祭選抜	秋田高校
校内探究型学習成果発表会最優秀賞	米沢興譲館
茨城県児童生徒科学研究作品展	江戸川取手
全国 SSH 生徒研究発表会選抜	米沢興譲館

2. プログラム目標と達成可能性（達成度合い：○）

- 将来の参加者の成長を見通した目標が達成できたか。

本プログラムでの目標として以下の2点を設定していた。

1. これまで国内では中高生を対象とした宇宙・素粒子に関する探究機会がなかったため、元々こういった基礎物理分野に関心を持っていた子ども達が興味を失っていたと考えられる。こういった子ども達がプログラムを通して興味関心を深めて将来的な基礎物理分野での研究キャリアへとつなげるきっかけとなる。
2. 目に見えない現象に対する思考やビックデータを解析する手法等、宇宙線の観測からこれからの時代に必要なSTEM的な研究アプローチを習得する。

1.について多くの中高生がそれぞれこれまで国内で例のない先進的でユニークな探究を提案し、1年を通して実際に専門的なサポートを受けて探究を行っていることから、目標が達成できたといえる。例えば大型サイクロトロン加速器を用いたプロトンエネルギー測定では全国で唯一の加速器を用いた中高生の探究活動であり、素粒子分野に関心をもつ中高生にとって貴重な機会となっている。

2.について、コロナ感染症の影響により直接専門家がサポートするのが難しい状況でありながら、Google Colaboratory を用いたクラウド上での解析プラットフォームや



Youtube を活用した実践的な解析や操作の手法の共有を活用することで国内随一の STEM 的な教育機会となった。例えば、現在探究を行っているおおよそ 20 のグループは中学生を含めて Python を用いた統計解析として相関分析や仮説検定などを行っており、将来の参加者にとって重要な科学的な研究アプローチが習得できているといえる。

- 十分な成果を上げるため、専門的知見を有する者の協力・実施体制（領域横断的・組織横断的な体制）等が確保できたか。

専門的知見を有する協力・実施体制として検出器開発や宇宙線に関する専門的なサポートに高エネルギー加速器研究機構、総合研究大学院大学、理化学研究所等からおおよそ 30 名程度の研究者・技術スタッフが参加した。これにより国内独自検出器 OSECHI の開発が進むことで実用レベルの第 2 世代の量産に成功し、3D プリンタによるシンチレータ開発等先進性の高い検出器開発も推進できている。また、早稲田大学の考古学分野の研究者の協力により宇宙線による古墳の内部透視といった領域横断的な中高生による研究も行えるようになった。

また、Global Cosmic Group という 12 か国で構成される国際宇宙線啓発連携グループに日本の代表グループとして招待を受け参画した。国際的に最大の素粒子物理啓発に関する国際会議である IPPOG でも、日本における代表的な活動として紹介され、国際的な装置開発・探究共同などの連携体制が確立されたといえる。

このように、素粒子・天文探究のサポートコンソーシアムとしては国内随一の実施体制・規模になったといえる。

### 3. プログラムの独自性・先進性・卓越性（達成度合い：○）

- 優れた教育手法や教育資源等を活用した、独自の創意工夫が盛り込まれた取組みであったか。

本プログラムでは 2020 年におおよそ 50 台程度の検出器の製作・配布を行った。中高生を対象に宇宙線検出器を配布しているのは国内で他に例がなく、宇宙線・素粒子の実践的な探究をできる唯一の機会ということが最大の独自性になる。

また、感染症の影響で実際に現地でサポートする機会が失われたが、海外の宇宙線啓発活動を含めて唯一継続的にオンラインで探究活動を行えた事例である。その背景として以下のようなツールの活用が卓越した教育手法であったといえる

- Slack を用いたチャットコミュニケーション

研究者・中高生を含んだおおよそ 150 名のチャットコミュニケーション基盤を Slack を用いて構築した。1 年間でおよそ 2 万ポスト程度の書き込みがあり、実際に中高生・研究者がこの Slack 上で活発に議論・交流していることが分かる。

- ZOOM を用いたメンタリング

各研究グループごとに隔週での ZOOM メンタリングを実施して、その様子の動画やあらゆる資料をプログラム内で共有するようにした。現在おおよそ 500 程度のメンタリング動

画が共有されており、様々な探究サポートに関する知見が蓄積している。

#### 4. プログラムの社会的インパクト・定着・継続性（達成度合い：○）

##### 社会的インパクト

本プログラムは国内で唯一の宇宙線探究啓発活動として、今年度大きく広がっている。以下の通り、宇宙線探究やオンラインでの探究サポートはテレビ・ラジオ等で取り上げられ、コロナ感染症の中での教育活動として注目されていることが分かる。

コンテスト・番組	放送日
NHK ラジオ ゴジだっちゃ！で特集	2020年5月1日
NHK テレビ てれまさむねで特集	2020年7月7日

国際的にも本活動は注目度があがり、Global Cosmic Group という12か国で構成される国際宇宙線啓発連携グループに日本の代表グループとして招待を受け参画した。国際的に最大の素粒子物理啓発に関する国際会議である IPPOG でも、日本における代表的な活動として紹介された。

##### 定着・継続性

探究活動をサポートする大学生も複数の大学から1年生から大学院生まで幅広く10名以上が参加するようになり、各探究グループに対して継続的に1名の大学生メンターがサポートできるようになった。およそ20程度の探究グループについて全てが2020年度の1年間活動を継続しており、興味関心を引き出しながら宇宙線研究活動を定着させられていることが分かる。また、上級学年の活動を見て下の学年の高校生から問い合わせが来るなど、各学校での循環もみられている。

##### (ウ)プログラム実施における課題

主に以下の2点が今後の課題となっている。

- 大学・研究期間に関して国内外に広く連携体制が確保されたが、半導体等関連企業との産学連携・STEM 教育事業等との連携がより先進的な探究プログラムを開発する上で必要と考えられる。
- これまで装置開発等を東北大学 CYRIC の実験室を利用して行っていたが、今後別の用途で使用予定となったため、開発用スペースが不足している。
- これまで大学や研究施設のイベントや学校訪問等の紹介をきっかけに探究をはじめた高校生が多かったが、本来ターゲットにしている中学生～高校1年生よりも高校2年生が参加者の主体であることが多く、研究期間を十分得られないことが多い。また、2020年度は大幅にオンライン移行したためより幅広い地域の高校生に知ってもらえるようになったが、それでも学校で積極的に告知をしている等のバイアスが依然あり、地域に関わらず宇宙線探究に関心を持つ中高生に知ってもらうためにはさらなる工夫が必要である。

(エ)プログラム実施における課題の**解決策・改善策**

開発スペースとして東北大学ビジネスインキュベーター (T-Biz) の一室を確保した。これまでメインの開発部屋として使っていた東北大学 CYRIC 内の部屋に比べておよそ倍のスペースが確保でき、開発スピードを加速できる見込みである。

同時にビジネスインキュベーターは中小機構が産学連携及びビジネス化のサポートを提供しており、これを元にした東北大学を起点として半導体など関連企業との連携を進める体制ができた。

また、株式会社エドュソルと連携して、今後関東圏を中心とした STEM 教育事業との共同も予定している。特に「探究の時間」を対象とした1ターム程度を目安とした宇宙線探究のプログラム開発を予定しており、これまで到達できなかった様々な高校へのアプローチを行っていく予定である。2021年1月には立教新座高校で4コマを対象にした授業内探究の実証事業を行っており、目標としている宇宙線探究の関心のきっかけと科学的な探究アプローチ習得を達成している。

(オ) **来年度以降のプログラムの方向性・社会的インパクト・波及に向けた取り組み**

より柔軟で幅広い連携体制を確保するため、2020年12月に有限会社を登記した。これによって東北大学ビジネスインキュベーターの確保等、これまで法人格がなかったことで難しかった環境の確保が可能になっている。さらに持続的な活動を行うのに必要な半導体等関連企業との産学連携・STEM 教育事業等との連携を強化していく。

また、国際的な探究機会を増やしていく。現在中高生によってアルゼンチン・メキシコ・台湾との共同探究や探究交流が行われており、これに加えて欧州を中心とした Global Cosmic Group に参画している12か国とも連携して、より多様な国際共同探究機会を増やしていく。

また先進的な探究の入り口として、高校の探求の時間等の導入を想定して短期プログラム教材を開発していく。オンライン上での教材及び解析プラットフォームのテスト版が既にリリースしており、2021年1月に立教新座高校で実証実験も行っている。

2020年度は様々な探究グループが中高生を対象にしたレポートコンテストや学会に参加して多くの評価を得られた。2021年度はそれぞれの探究が Physics Education 等の査読付き論文への投稿を中高生によって行うレベルまで専門的に深い探究が可能になるようにサポートを進めていく。

6. その他 (選考委員会への訴求点、特記事項等)

本活動をより社会へ波及させる目的で大学発ベンチャーとして法人を設立した。来年度以降より社会につながる形での産学連携を推進していく。

--

\*このほか、補完・補足する資料があればファイル添付下さい (形式自由)。