

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 13 日現在

機関番号：14601

研究種目：若手研究 B

研究期間：2010～2011

課題番号：22700789

研究課題名（和文）素粒子物理学を題材とした学習教材の開発

研究課題名（英文）Development of Teaching Materials for Particle Physics Education

研究代表者

片岡 佐知子 (KATAOKA SACHIKO)

奈良教育大学・教育学部・講師

研究者番号：80437508

研究成果の概要（和文）：

高エネルギー加速器研究機構(茨城県つくば市)の素粒子実験 Belle グループでは高校生を対象としたサイエンスキャンプ「Belle Plus(ベルプリュス)」を2006年より実施している。キャンプでは、実際の研究で使用されている粒子測定器や実験データなどを活用した実習を行っており、アンケート調査でその有効性が確認された。そこで、本研究では、これらの実習を教室においても実施できるよう教材としてパッケージ化し、より多くの高校生が最先端の素粒子物理学に触れながら研究体験できる学習プログラムの開発に取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：

Belle Plus, a science camp for high school students, was started in 2006 by The Belle Collaboration at KEK (High Energy Accelerator Research Organization, in Tsukuba) as its outreach activity. The aim of this camp is to present an opportunity to experience an actual study of natural science with Belle facilities, real experimental data. It is found to be quite effective to encourage young generation. This report presents the development of teaching materials for particle physics education in junior/senior high school.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	700,000	210,000	910,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：科学教育、物理教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：アウトリーチ活動、科学教育、素粒子物理学

1. 研究開始当初の背景

高エネルギー加速器研究機構(茨城県つくば市)の Belle 実験グループは、アウトリーチ活動の一環として、2006 年より高校生を対象としたサイエンスキャンプに取り組んで

いる。キャンプでは、「研究者と同一の研究環境における研究体験」を主軸として、実際の研究で使用されている粒子測定器や実験データなどを活用した実習を実践している。また、実験を行ってから結論を導くまでの科

学プロセスを体験できる場となるよう、実験を行うだけでなく、実験結果の考察、発表をプログラムに盛り込んでいる。キャンプ参加者を対象としたアンケート調査では、キャンプ内容に対して約 90%が「満足」と回答している。また、キャンプ開催前と後に行ったアンケート結果の比較では、「学習への意欲」や「素粒子物理学に対する理解」について、肯定的な変化が見られた。とくに、「物理(理科)を学習すれば、自分の考えを他人に伝える力がつく」の項目に対し、「まったくその通り」「その通り」と回答する割合の増加が顕著である。これは、議論や考察も重視した本キャンプの取り組みの特徴を反映した結果と考えられる。

一方、科学技術振興機構 理科教育支援センターの「平成 20 年度 高等学校理科教員実態調査報告書」によると、「大学や研究所、企業、科学館等での理数に関する見学・体験学習」や「科学者や技術者の特別講義・講演会」を「いずれの学年で実施している」と回答した割合は、理数科やスーパーサイエンスハイスクール指定校では高いものの、普通科では 40%未満である。

また、「平成 20 年度 小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書」によると、「理科の理解が進んでいる児童・生徒を更に伸ばすために、外部の専門家との連携が必要であると思うか」との問いに対し、肯定的に回答した中学校理科教員の割合は 77%であった。学校現場におけるアウトリーチ活動の実践を希望する教員は少なくないと言える。しかし実際には、「外部の理科の専門家が、児童・生徒に科学や科学技術について教える機会」が年に 1 度もない中学校の割合は 78%と高く、外部の連携の必要性を感じながらも実現できていない状況があると考えられる。

このような状況を踏まえ、上述のキャンプで実施している学習プログラムを教材化することが、学校現場における外部リソースの活用につながると考えた。

2. 研究の目的

Belle 実験グループが実施している高校生を対象としたサイエンスキャンプで蓄積されたノウハウを活用して、教室においても素粒子物理学に触れることができる学習プログラムを開発することが本研究の目的である。汎用性を高めることで、より多くの学習者が最先端の素粒子物理学をテーマとした研究体験を享受することができるよう、学校現場の状況や要望を踏まえた上で教室において実施可能なカリキュラムを作成する。

3. 研究の方法

(1) 学習者にとって興味を持てる学習内容の調査；

①サイエンスキャンプでの調査

学習者にとって興味を持てる学習内容を具体的に把握する基礎研究として、高エネルギー加速器研究機構でのサイエンスキャンプを開催し、学習者に対しアンケート調査を実施する。また、オブザーバーである高校教員による外部評価を行い、教材開発の材料とする。

②モデルケースとなる事業での調査

Belle 実験グループは、「B-Lab(ビーラボ)」と呼ばれる Web による情報発信プロジェクト (<http://belle.kek.jp/b-lab/>) を推進している。これは Belle 測定器が実際に捕らえた素粒子反応のデータを解析用のソフトウェアとともに Web 上に公開し、データの中から新粒子探索を行うことを目的とし、Belle の研究者が日ごろから行っている最先端の研究活動を体験できるシステムである。前述のサイエンスキャンプの実習課題として活用している他、高校や科学館を訪問してプログラムの解説・指導を行う公開授業を実施している。

また、高エネルギー加速器研究機構は、出前授業プロジェクト「KEK キャラバン」を推進しており、全国の小中学校で出前授業を実施している。これらの取り組みは、本研究のモデルケースになることから、これらの事業で実施される出前授業に参加し、情報収集を行う。

(2) 実習教材及びカリキュラムの作成；サイエンスキャンプでは以下のような実習課題を実施している。

①粒子測定器ワイヤーチェンバーを用いた宇宙線天頂角分布の測定；

ワイヤーチェンバーとは、素粒子物理学実験で広く使用されている粒子測定器である。ワイヤーチェンバーは、宇宙線が通過した際に信号を出す。チェンバーを 3 個連結させ、同時信号を読み出すことで、チェンバーを通過した宇宙線の数をカウントすることができる。チェンバーの方向を調整することで、各方向からの単位時間あたりの宇宙線の分布を作成する。

②Belle 測定器を用いた宇宙線天頂角分布の測定；

Belle 測定器が測定した素粒子の通過した跡(飛跡)はパソコンの画面上に表示させることができる。測定された宇宙線の飛跡のデータを印刷し、定規と分度器を使って角度を測定することで、角度分布を求める。

③B-Lab プログラムを用いた新粒子の探索；新粒子探索プロジェクト「B-Lab(ビーラボ)」を用いて、粒子探索の解析プログラムを自分で作成し、Belle 実験で実際に収集したデータの中から粒子の探索を行う。

以上の実習の実践で得られたノウハウを基に、学校現場で実践可能な素粒子物理学の学習教材の開発・改良に取り組む。

(3) 教員へのサポート体制と情報ネットワークの構築の検討；

TV 会議システムなどの遠隔コミュニケーションツールを活用した教員へのサポートや、授業実践で得られた成果の共有方法について検討する。

4. 研究成果

(1) 上述のサイエンスキャンプを 2011 年 12 月 25 日～28 日の日程で開催した。参加高校生 22 名を対象にアンケート調査を実施した。キャンプ全体に対する満足度は、64%が「とても満足」、残りの 36%が「満足」と回答し、自由記述では「視野が広がった。」「素粒子物理学に対する理解が深まった」などの回答が見られた。また、実習テキストに対して、「よく理解できた」「理解できた」との回答は全体の 72%、「やや難しかった」は 10%であった。テキストの難易度は適切であると考えられるが、キャンプ参加者は素粒子物理学に対する興味・関心の高い学習者が参加していることから、教材化を行うにあたっては難易度の設定を検討する必要がある。また、実習課題の分量は「ちょうど良い」が最も多く、「やや多い」と回答したのは 27%であった。例年、キャンプは 4 日間で実施しているが、2011 年は日程調整の関係で 3 日間での開催となった影響も関係していると考えられるが、課題分量の設定については、オブザーバとして参加した高校教員からも指摘があったことから検討する必要がある。

また、2011 年 3 月と 2012 年 3 月に神戸市立青少年科学館で実施された新粒子探索プロジェクト「B-Lab (ビーラボ)」の出前授業に参加した。また、2011 年 2 月に奈良教育大学附属中学校での KEK キャラバン出前授業に参加し、情報収集を行った。

(2) これらを踏まえ、キャンプで実施している実習の教材化に取り組んだ。ワイヤーチェンバーをはじめとする粒子測定の原理についての解説書を作成した。サイエンスキャンプでは、ワイヤーチェンバーの自作、動作確認、連結したワイヤーチェンバーを用いた宇宙線の降り注ぐ角度の測定までを、一連の

課題として実施しているが、ここでは、ワイヤーチェンバーからの信号をオシロスコープで確認することで、粒子測定の原理を学習することを中心に据えた。また、霧箱や手作り GM 管などの既存の実習教材と組み合わせ、段階的に学習できるプログラムとした。次に、粒子測定器 Belle が測定した宇宙線のデータから宇宙線の降り注ぐ角度を調べる学習についての解説書を作成した。この実習課題は、サイエンスキャンプでは現在、実施していないものの、過去のキャンプで観測したデータを活用することが可能である。また、Belle 測定器の捉える宇宙線の飛跡は、Belle 測定器に組み込まれたワイヤーチェンバーで測定したものであることから、組み合わせで活用することも可能である。

B-Lab の出前授業やサイエンスキャンプでは、データ解析のアルゴリズムを模式的に表し、計算表を用いて段階的に実習できる教材「1 イベントモデル」を使用している。(1) のアンケート調査でその有効性を確認しているが、受講者からは、教材のパッケージ化の要望があったことから、指導の手引きを作成し、テキスト、実習ワークシートとともにインターネット上で公開した。

また、現在、Belle 実験は、次世代プロジェクト Belle II 実験に向けて、装置の改良を行っている。実験運転中は見ることでできない巨大装置の内部の映像資料も教材として活用することを検討する。

開発した教材を用いて実践活動を行い、最終的にはインターネット上に公開する予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①片岡 佐知子、松山 豊樹「素粒子物理学を題材とした遠隔授業の実践」、奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要、査読有、20 巻、2011、pp181-185

②中澤明子、奥林泰一郎、森秀樹、中村優希、前迫孝憲、片岡佐知子、松山豊樹、中尾正博、佐藤哲夫、小川恵美子、川杉照雄、橋本剛正、森川治

「3 地点接続の「超鏡」を用いた遠隔学習の実施」、日本教育工学会研究報告集、査読無、JSET11-1、2011、pp.255-262

③片岡佐知子、樋口岳雄「Belle グループによる体験型サイエンスキャンプの活動実績」日本物理学会誌、査読無、第 65 巻 5 号、2010、pp364-366

[その他]

ホームページ等

<http://mailsrv.nara-edu.ac.jp/~sachiko/nesm-project/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 佐知子 (KATAOKA SACHIKO)

奈良教育大学・教育学部・講師

研究者番号：80437508