



ミュオンに コープン通信 Vol.2

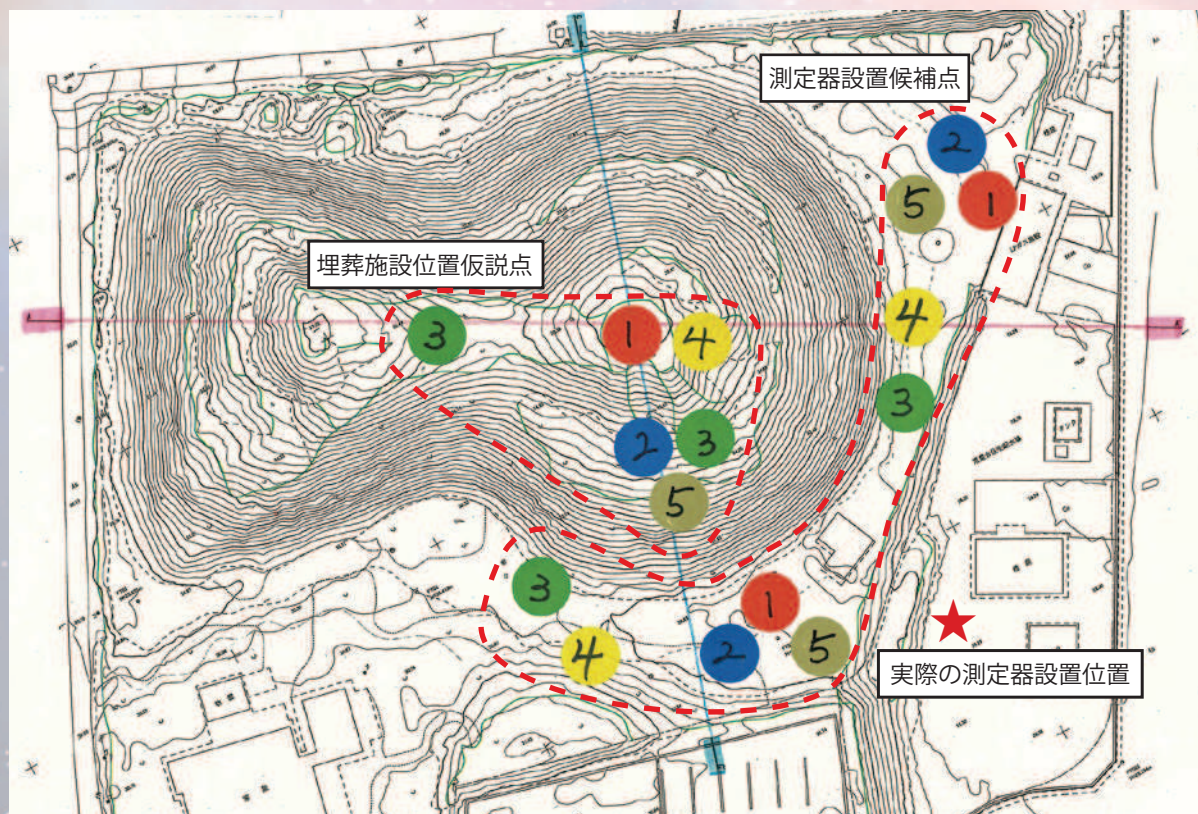
東海村×J-PARCセンター×茨城大学×東京都立大学×総合研究大学院大学

宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクト

ミュオンにコープン通信 Vol.2

🗺️ contents 🗺️

- 0 1 科学の力で巨大古墳の謎にせまる
- 0 2 舟塚古墳群 2号墳の謎とは？
- 0 2 宇宙線ミュオンで古墳をどのように透視するの？
- 0 3 活動紹介 歴史 × 科学 = ?
 - ・前半の活動 ー基礎学習と古墳透視スタートー
 - ・後半の活動 ー2台目の測定器作りと古墳透視の解析ー
- 1 0 2年間の活動を終えて・・・
- 1 5 写真と図でたどる「歴史と未来の測定器」設置の足取りとデータ解析



子どもたちが考えた舟塚古墳群 2号墳の埋葬施設位置と測定器設置場所を記した図
(2024.9月活動にて作成)

科学の力で巨大古墳の謎にせまる

茨城県の中央部に位置する東海村は、東西約8 km、南北約8 kmのコンパクトなまちです。北側には久慈川が流れ、東側は太平洋に面しています。南側に広がる真崎浦や細浦などの田園は、かつては太平洋へとつながる入江であったと考えられます。水や緑が身近にあふれる東海村は、まさに「水辺のムラ」と呼ぶにふさわしい地域です。また、本村には現在、約38,000人の住民が暮らしていますが、普段見慣れた景色に目を向けると、そこに古墳時代の有力者の墓「古墳」が多く存在しています。古墳は地中に埋もれている他の遺跡と比べて、形や大きさがはっきり見えるため、地域にとって身近な存在となっています。

東海村には、過去から貴重な古墳が受け継がれてきた一方で、最先端科学の叡智^{えいち}が集結した研究機関が立地する「科学のまち」としての顔があります。1955年、石神村と村松村が合併して誕生した東海村は、その翌年には日本原子力研究所の設置が決定しました。その後、当地には数々の原子力関係の事業所が立地し、原子力研究の拠点として今日まで歩んできました。2001年には、日本原子力研究所（現：JAEA）と高エネルギー加速器研究機構との間で、J-PARC 建設と研究開発に関する協定が成立し、その後、2006年に設置されたJ-PARC センターは基礎科学の研究拠点となっています。全国から集まった多くの研究者が暮らす東海村は、まさに科学が身近な地域でもあります。

私たちは、これらの東海村の魅力を最大限に活かし、通常は真逆のテーマに見える「古墳（歴史）」と「科学」を融合させることで、全国に類を見ない東海村独自の新たな取り組みを開始しました。その名も「宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクト」です。本プロジェクトの面白いところは、宇宙線ミュオンを捉える測定器作りから古墳透視までを、子どもたちの郷土教育や加速器関連科学教育の学習プログラムとして行っていることです。また、将来計画では透視結果を検証する発掘調査を考えています。果たして、「歴史 × 科学」の先には何が生み出されるのでしょうか。本誌では、2024年度（第2期）の活動成果を紹介します。



東海村内の古墳分布図

活動内容	2023年度(令和5)		2024年度(令和6)		2025年度(令和7)		2026年度(令和8)		2027年度(令和9)以降	
	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半	前半	後半
宇宙線・古墳講座等の基礎学習	→		→		→		→			
ミュオン測定器作り		1号機製作		2号機製作						
舟塚古墳群2号墳の内部透視				1号機設置		2号機設置				
測定したミュオンの解析作業										
成果報告・展示公開									→	
古墳の発掘調査										→

プロジェクトの全体計画

舟塚古墳群 2号墳の謎とは？



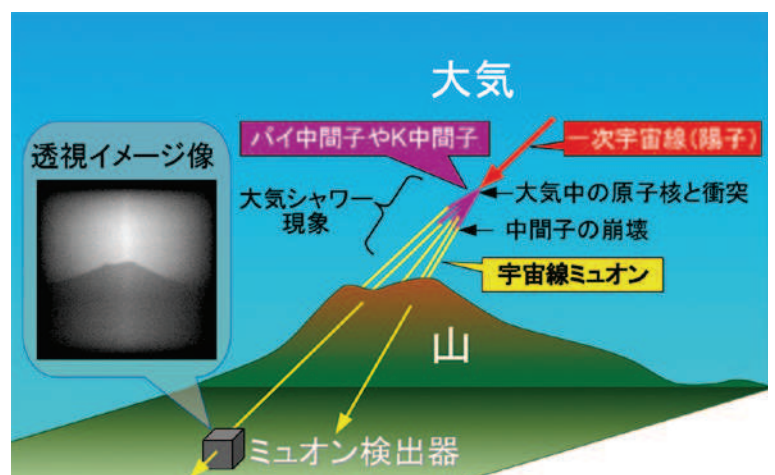
空から見た舟塚古墳群 2号墳

上交通の要衝^{ようしょう}であり、当時の有力者にとって掌握^{しょうあく}すべき重要な地域であったと推測されます。当時の有力者が自らの権威を示す巨大な墓を水辺に面した高台に築いた背景には、「水辺のムラ」という東海村の地理的な特色が関係するものと考えられます。

私たちは今回、これらの古墳を築いた有力者がどのような人物だったのかを明らかにしたいと考えました。そのためには、古墳の中の情報を得る必要があったため、宇宙線ミュオン（素粒子）を活用した透視技術に注目しました。ミュオンで透視する古墳には、「舟塚古墳群 2号墳」という久慈川下流域最大の後期前方後円墳を選びました。造られた時期は6世紀前半（約1,500年前）と考えられ、墳丘長は約70mです。現時点では古墳内部の情報がないため、舟塚古墳群 2号墳に眠る有力者の人物像は謎です。果たして、この古墳を築いたのは、どのような人物だったのでしょうか。

宇宙線ミュオンで古墳をどのように透視するの？

空から降り注ぐ「宇宙線」は、宇宙に散在する星々や超新星爆発などで作られた粒子で、主に陽子のはるばる地球までやって来たものです。ところが、地球には厚い大気があり、この陽子は大気に邪魔されて地表までは届きません。大気中の窒素や酸素の原子核と衝突した陽子は、核反応を起こし、ミュオンなどの二次粒子を作り出します。その中で、ミュオンは貫通力が強いため、大気を突き抜けて地表まで到達します。



ミュオンによる古墳透視のイメージ

「ミュオン」は素粒子の一種で、電子の仲間です。電子の約 200 倍の重さを持ち、物質の貫通力が強いという特徴があります。その貫通力は、数 m から数百 m の鉄板を貫通することができます。本プロジェクトでは、このミュオンの貫通力を利用し、舟塚 2号墳内部を透視することで古墳を破壊することなく有力者が眠る埋葬施設（空洞）の場所を探ろうとしています。

活動紹介 歴史 × 科学 = ?

プロジェクト2期目の2024年度は、31名の小中高生が参加した「ミュオンにコーフンクラブ」と共に全10回の活動を行いました。本年度の目標は大きく2つあり、一つは2023年度に完成した「歴史と未来の測定器（1号機）」による舟塚古墳群2号墳の内部透視を開始し、古墳内の埋葬施設（空洞）の情報を得ることです。もう一つは、2台目のミュオン測定器を製作することです。その他に、宇宙線や古墳について学ぶ講座などの基礎学習を行いました。

ここでは、活動の様子や「コーフンレポート」と題した子どもたちの感想を紹介します。

実施日		内容	実施日		内容
前半の活動	2024年6月23日	第1回「ミュオン講座と霧箱作り体験」	後半の活動	2024年11月24日	第6回「ミュオン測定器2号機を作ろう①」
	2024年7月7日	第2回「古墳講座と城里町徳化原古墳の見学会」		2024年12月15日	第7回「1号機の古墳透視報告①とミュオン測定器2号機を作ろう②」
	2024年8月31日	第3回「宇宙・加速器講座と簡易測定器組立体験」		2025年1月19日	第8回「ミュオン測定器2号機を作ろう③」
	2024年9月22日	第4回「石室位置と測定器設置場所を考えよう」		2025年2月16日	第9回「1号機の古墳透視報告②とミュオン測定器2号機を作ろう④」
	2024年10月13日	第5回「歴史と未来の測定器を古墳に設置しよう」		2025年3月16日	第10回「ミュオン測定器2号機を作ろう⑤」

2024年度の活動内容

前半の活動 - 基礎学習と古墳透視スタート -



6月 第1回「ミュオン講座と霧箱作り体験」

2期目の活動がスタート。前半はプロジェクトの重要キーワード「ミュオン」のことや、ミュオンを利用した遺跡調査について学びました。後半は霧箱作りに挑戦し、飛行機雲のように見えるアルファ線の軌跡を観察しました。

講師 前半：下村 浩一郎さん（J-PARC センター）
後半：藤井 芳昭さん（J-PARC センター）

コーフンレポート

アルファ線がたくさん見えた。普段は見えない宇宙線を身近に感じた。(小学生)

今日話を聞いて、ミュオンについて忘れていたことや新しい知識を取り入れることができて良かったです。実験は上手いかなかったけど、同じテーブルの人と協力して活動することができました。(中学生)

前半で解説を聞き、それを実際に見ることでさらに興味がわきました。実験が上手いだったときの達成感も感じられました。(中学生)

霧箱は授業で習ったが実際に実験したのは初めてだったからα線が見れて面白かった。(高校生)

7月 第2回「古墳講座と城里町徳化原古墳の見学会」

ミュオンで透視する埋葬施設のイメージをつかむため、^{とっけはら}徳化原古墳（城里町）を訪れました。この古墳は、7世紀後半（約1400年前）の方墳で、茨城県内でも直に横穴式石室を見学できる古墳として有名です。

講座では古墳のどこに、どのような種類の埋葬施設が造られたのかについて学び、舟塚古墳群2号墳の埋葬施設の位置を予想しました。

講師 田中 裕さん（茨城大学）



🗝️ コーフレポート

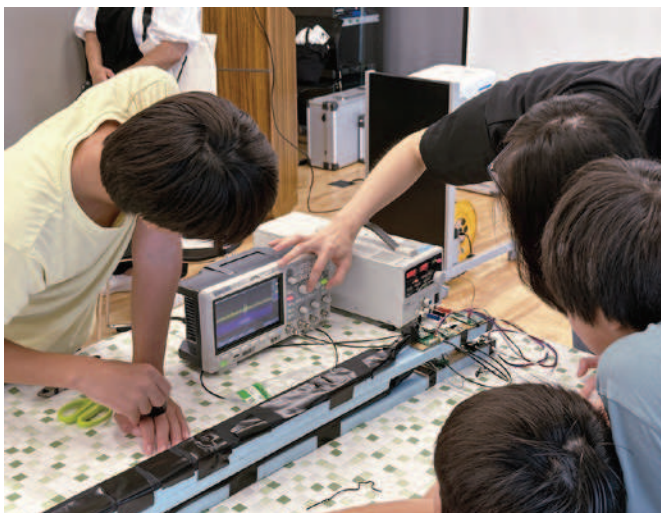
古墳の石室を発掘した考古学が格好良かった。(小学生)

古墳の石室について知ることができた。石室が思ったより小さくてビックリした。発掘されたものを見ることができて嬉しかった。ミュオンについてもっと知りたい。考古学に興味をもった。(小学生)

今日、実際に古墳の中を見た。石室の中は思ったより大きかった。昔の人がどんな風に石室を造ったのか気になった。石などとても重いのでどうやって運んだかなど気になった。次回の舟塚2号墳をミュオンでのぞくのが楽しみになった。今日の石室を参考にして、舟塚2号墳の石室を見つけてみたい。そのために石室がどんなところにあるかを予想して当ててみたい。(小学生)

今日、実際に古墳を見て、古墳の石室は狭いと思ったけれど、中を見てみると思ったより広くてごんまりしていた。私が想像したより小さかったけれど、立派な古墳だった。次、測定する、「舟塚2号墳」に置く測定器の置き方などをいろいろ考えていきたい。これからも古墳のことについていろいろ調べたい。今日は、ありがとうございました!! 楽しかったです!! また来ます!! (小学生)

今日は、城里町徳化原古墳の見学をした。終末期の後半の古墳の中では大きい古墳だと知った。昔に造られたものが現代まで変わりぬ姿で残っていることに感動をおぼえた。内部は想像よりも小さかった。(高校生)



8月 第3回「宇宙・加速器講座と簡易測定器組立体験」

前半は、宇宙の謎にせまる加速器や素粒子を使った研究について学びました。後半は測定器作りの練習を兼ねて、実際の古墳透視に使用するミュオン測定器（シンチレーション検出器）の簡易的なものを製作しました。

当日は組み立てた簡易測定器を使って、歴史と未来の交流館に降り注ぐ宇宙線ミュオンの信号を捉えることに成功しました。

講師 前半：小林 愛音さん（J-PARCセンター）
後半：藤井 芳昭さん（J-PARCセンター）

📌 コーフレポート

測定器を作るとき、細かい部分があって難しかったけれど、上手く作れて嬉しかった。(小学生)

去年は、失敗してしまった簡易測定器での測定で悔しい思いをしたので、今年こそは成功させると思いながら活動を始め、最後にしっかりミュオンを観測できたので、とても嬉しかったです。(小学生)

前半に受けた講義で宇宙の魅力がよく分かり、聞いてるだけで楽しかった。また、後半の測定器作りではオシロをのぞき、動かず、ノイズしか出なくて絶望したが、その後見ることができて嬉しかった。研究者のように失敗してもめげない気持ちが味わえて良い経験になった。(小学生)

前に作ったものよりも小さく簡単なものを作った。前は骨組みまで作って大きい測定器ができていたが、今回は小さくても同じように宇宙線が見れて楽しかった。次の回も、また楽しく参加していきたい。前から知っていた素粒子について改めて詳しく知れて良かった。(中学生)

前半では、宇宙のヒミツや加速器・素粒子が私達の生活を支えたり、凄い発見をしたりすることに役立っていて、もっと応用できる技術だと思いました！後半では、協力しながらミニ測定器を作り、キレイな宇宙線を見つけられるまでは時間がかかりましたが、最終的には普段見られないものを見れて素晴らしい経験になりました！(中学生)



9月 第4回「石室位置と測定器設置場所を考えよう」

前半はグループワークを行いました。子どもたちは「古墳のどこに王が眠る埋葬施設があるのか?」、「ミュオンで埋葬施設を見つけるためには、どこに測定器を置けば良いのか?」について話し合い仮説を立てました。

後半は、埋葬施設の推定地と測定器設置場所の候補地を記した図面を持って舟塚古墳群 2 号墳を確認し、実際に測定器を置けるかどうかを考えました。

講師 田中裕さん(茨城大学)、藤井芳昭さん(J-PARCセンター)

📌 コーフレポート

今日は、グループワークでみんなと話し合いができて、みんなはどう思っているのかなどが分かった。あと、舟塚 2 号墳に行って測定器を置く場所や石室の場所を考えたりするグループワークをして新しい考えが分かりました。(小学生)

今日は測定器の場所をグループで話し合った。実際に行って確認すると、議論しているよりも多くのものが得られた。百聞は一見に如かずという言葉の意味がよく分かった。特に、地形や地質などは行ってみないと分からないことがあると感じた。何かを計画する時は、現地で実際に見てみようと思った。(小学生)

今日の講座で、石室を探すのがとても楽しみになった。今日の講座は、石室の場所の仮説と測定器の場所を決めた。石室の場所と測定器の場所を決めるために話し合いをしました。話し合いでは、みんなの意見をよく聞いて、自分の意見を分かりやすく伝えることが大切だと思いました。現地に行ったら、予想していた古墳と違ってとても木が生い茂っていた。学校の古墳とは似ても似つかなかった。(小学生)

測量図を見ているだけでは、どこに測定器を置けば良いのかよく分からなかったが、実際に舟塚 2 号墳に行って確認することでよく分かった。どこに石室があるのか考えるのが楽しかった。(中学生)

田中先生からうかがったことをもとに、設置場所を様々な視点から検討することができた。図面を見るだけでは分からないことも多く、現地で確かめる必要性がよく分かった。(高校生)

10月 第5回「歴史と未来の測定器を古墳に設置しよう」

子どもたちが考えた設置案を踏まえ、荒谷台住宅配水場内に歴史と未来の測定器(1号機)を設置しました。

重たい測定器をクレーンで設置後、カウントダウンの合図で電源が入れられ、ついに古墳透視が始まりました。測定器は、無事に空から降り注ぐミュオンの信号を捉えることに成功し、今後に期待が高まりました。

講師 藤井 芳昭さん (J-PARC センター)



コープレポート

測定器の設置作業を行った。前に考えた場所に置き、自分たちで作ったものが実際に動いて良かった。石室の場所をミュオンで探して結果を見るのがとても楽しみ。(小学生)

今日は、去年作った測定器を設置する作業をしました。一番思ったことは測定器を設置して実験が成功すると良いなあと思いました。今年中に、もう一つの測定器を作り設置して測定してどこに石室があるかを知りたいです。(小学生)

今日は測定器を設置しに行って、ようやくこれから始まるんだなと感じました。測定には時間がかかるようですが、とても楽しみで期待しています。良い結果が出るよう願っています。(中学生)

前回予想したりした場所とかをもとに測定器の場所が決められていて自分達で決めたんだという感じが凄くてワクワクしました。測定器設置作業を見ていて凄く丁寧で水平とかも測って凄くと思いました。もう一つ測定器を作るのが凄く楽しみです。無事にミュオン透視して石室の場所を見つけることができるように頑張ります。(中学生)

測定器を実際に設置することができた。設置された測定器は私を含めた多くの人が手をかけた大切な測定器なのでワクワクしました。データが集計・解析されて早く結果が出てほしいと思いました。(高校生)

今回、このプロジェクトに初めて参加させていただきましたが、測定器の設置や観測の様子を真近で見られたり、自分よりも若い参加者が科学者の方々と熱く語り合う姿がとても印象的で、とても刺激を受けた1日になりました。これから自分も、このプロジェクトの一員として測定器の製作に携われることが本当に光栄ですし、ワクワクしています。(高校生)

後半の活動 - 2台目の測定器作りと古墳透視の解析 -



11月 第6回「ミュオン測定器2号機を作ろう①」

2台目の測定器作りがスタート。製作するのは1号機と同じシンチレーション検出器で、ミュオンが通過すると光り、感知した光の信号を電子信号に変えて見ることでミュオンを測定します。最初の作業は、検出器内部に組み込む「光ファイバー」と「光検出器」を取り付けることです。子どもたちは細かい作業に苦戦しつつも、みんなで協力しながら作業を進めました。

👤コーフンレポート

測定器作りは地道にやっていく作業で改めて「協力」という意味が分かった気がした。(小学生)

2台目の測定器作りが始まった。前回1台目を作ったときのことを活かしてできた。チームで自己紹介をしてからやったので、チームのみんなのことを知ってからできて良かった。次回の測定器作りのときもチームプレーを意識して協力してやりたい。(小学生)

測定器のファイバーを付けるのが少し大変だった。36本(?)もあるのが凄い。こんなにたくさん作ったので、古墳の透視は絶対に成功させたい。(小学生)

今回は宇宙線ミュオンの測定器作りをしました。この装置を使って古墳の中を透視して王様の眠る部屋がどこにあるのか、どんな感じにデータが取れるのかが一番気になっていて早く結果を見てみたいと思いました。(中学生)

12月 第7回「1号機の古墳透視報告①と ミュオン測定器2号機を作ろう②」

前半は、歴史と未来の測定器(1号機)が測定中のミュオンのデータについて報告がありました。データを見ると「良いデータ」と「悪いデータ」があり、その原因に測定器内の温度が関係することが分かりました。後半は、光ファイバー・光検出器の取り付け作業を継続し、無事に完了することができました。

講師 藤井芳昭さん(J-PARCセンター)、葛葉昌弥さん(茨城大学)



👤コーフンレポート

測定器作りを通し、ミュオンについての興味がまた大きくなった。前はできなかったがついていけるように頑張った。(小学生)

秋に歴史と未来の測定器を置いて暑いのがあったら、夏に置いたらもっと暑いから大変だと思った。宇宙線のデータは測定するのが大変なものも分かりました。測定器作りは失敗するとデータが取れなくなると聞いたので一生懸命作りました。上手くデータが取れたら嬉しいと思います。お墓の場所が分かると良いとも思います。設置をするのも楽しみにしています。次もお願いします。(小学生)

今日は前回の続きをやりました。慣れてはいたけど、班の人と協力して慎重にやりました。また、最初に前に設置した測定器のデータを説明していただき、ちゃんとデータが取れていることが嬉しかったです。しかし、温度の問題があったので頑張っしてほしいと思いました。(中学生)

宇宙線のデータを測定器から取ったデータを見せてもらいました。温度の影響で正しく測れていないときがあると聞き驚きました。話だと簡単そうに聞こえましたが、この問題の原因を探るのは、とても大変だったと思うし凄いなと思いました。また2つ目の測定器作りでは、前回の経験から少し覚えていたので、やりやすかったですが、慎重さと仲間との協力を忘れずに今後の活動もしていきたいです。(中学生)

1月 第8回「ミュオン測定器2号機を作ろう③」

測定器作りは次の工程に入りました。雨風から測定器を守る筐体(箱)にシンチレーション検出器を固定するフレームを組み立てて取り付ける作業です。

子どもたちは、複雑なフレームの部品を順番に組み立て、慣れないネジ止め作業に苦戦しながらもフレームの取り付けに成功しました。



👤コーフンレポート

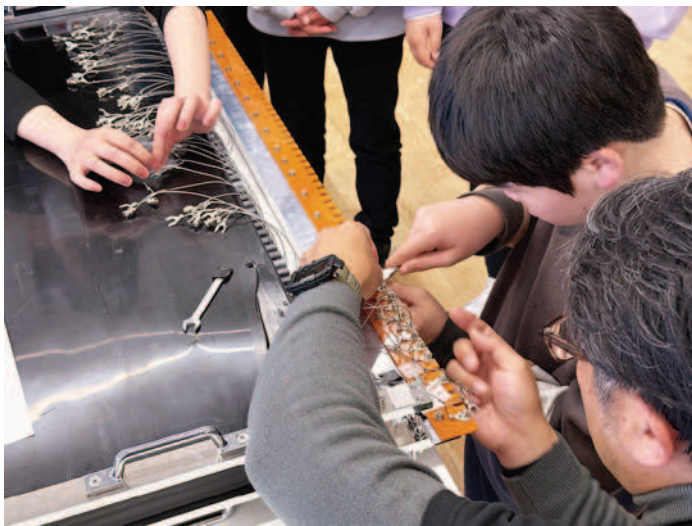
今回の測定器の組み立てで宇宙線ミュオンで古墳の透視をするという目的に一步近づいた気がする。(小学生)

今回の測定器の組み立ての中で、部品を立てて、ネジの位置を間違ってしまったことがあったが、そのときに焦らずに頑張ろうと言ってくれたので上手に作ることができた。(小学生)

今日は測定器の組み立てをやったが、かなり楽しかった。しかし、早く1号機の測定結果が知りたいとも思った。それにしてもミュオンは、将来私が研究したい火山の噴火予知にも役立つと思った。ぜひ、積極的にミュオンを使って研究してみたい。次回、測定結果が出ることを期待したい。(小学生)

測定器の組み立てでネジを締めるときに、最初はゆるく締めて最後に全て締めることに疑問をもったけど、先生の説明で後から締めることで、シンチレータをはめるときに入れやすいと分かった。(小学生)

測定器の組み立ては、ネジのサイズが微妙に異なっていたり、部品を付ける順番が細かく決まっていたりなど、複雑で細かい作業が多かった。私はそのような作業が苦手なため少し大変だったが、先生や友達と協力して製作することができた。次回以降も細かい作業が多いと聞いたため、気をつけながら取り組んでいきたい。(高校生)



2月 第9回「1号機の古墳透視報告②と ミュオン測定器2号機を作ろう④」

前半は1号機の古墳透視状況について報告がありました。測定データを解析した結果、古墳の輪郭が見え始めたことが分かり、埋葬施設の発見に向けて期待が高まりました。後半は光検出器を専用のフレームに固定する作業を行いました。

最後の質問コーナーでは、物理学と考古学の研究者が意見交換をしながら子どもたちの疑問に答えました。

👤コーフンレポート

測定器をみんなで作れて楽しかった。ネジ止めが最初難しかったけれど、最後はすぐできた。(小学生)

最初に葛葉先生が話してくれた古墳透視の状況で、古墳の形が少しずつ見えているということだったので、二号機もミスなく作りたいです。(小学生)

古墳透視の結果が少し出たのを見て、2台目も頑張っって製作しようと思った。細かい作業が続いたので大変だったが、みんなで協力してできた。(小学生)

歴史と未来の測定器の進捗が上手くいき、形を捉えるまでになっていて驚いた。古墳透視が2号機でも上手くいけばいいなと思った。後半の組み立ても協力してスムーズに行えた。(中学生)

3月 第10回「ミュオン測定器2号機を作ろう⑤」

第2期の最後の活動では測定器を収める筐体(箱)を組み立てて、その中にミュオンを測定するシンチレーション検出器を組み込む作業を行いました。

2024年11月から開始した測定器作りは大人と子どもが協力し、地道に組立作業を進めてきましたが、この度、ほぼ完成に近づけたことを嬉しく思います。第3期の初回活動では、配線作業などを経て稼働試験を行う予定です。

👤コーフンレポート

1年かけてミュオンや古墳のことについて詳しく学んで、それをもとに測定器の2号機を作ることができた。毎回、仲間とのチームワークを忘れず、協力し、真剣に作業できて良かった。それらの大切さを学ぶことができたので、これからも忘れずにしたい。(小学生)

チームで測定器2号機作りを協力してできた。考古学について、もっと知りたくなった。話がよく分からないところもあったが、測定器作りはとても楽しかった。色々なことと真剣に向き合うことができた。ミュオンは測定器がないと見ることはできないのに見つけた人は凄かった。(小学生)



僕は古墳に興味があったので、去年からの引き続きの参加でした。個人的には測定器の場所を考える作業が一番面白かったです。組み立ては協力し、良いものを作りあげることができました。来年の最後には古墳の石室の場所が分かっていることを祈ります。1年間ありがとうございました。(中学生)

考古学などの知識を踏まえながら、測定器の配置を考えるのが楽しかった。後半の測定器作りでは、友達と協力しながら組み立てを慎重に行いました。新たな友情も芽生えました。非常に良い体験になりました。1年間ありがとうございました。(高校生)

約半年間かけて製作してきた測定器が今回無事完成できてとても嬉しく、達成感があった。これまでの活動を通して、研究を行っていく上でのチームワークや真剣に取り組むことの大切さを改めて実感することができた。今回の経験を今後の生活や将来の職業の中などで活かしていけたらと思う。(高校生)

2年間の活動を終えて・・・

本プロジェクトには、J-PARC センター、茨城大学、東京都立大学で最先端のミュオン研究や装置開発を進める物理学者、茨城県内をはじめ古墳の調査研究に豊富な実績がある茨城大学の考古学者、教育講座の実績豊富な学芸員、教員出身の理科活動専門員など、各分野のスペシャリストが参加しています。また、毎回の活動では茨城大学の学生たちが子どもたちをサポートしてきました。

2年間にわたり巨大古墳の謎の解明に熱意を注いできたメンバーの想いを聞いてみましょう。



調査団長 / ミュオン担当 藤井 芳昭 (ふじい・よしあき)

高エネルギー加速器研究機構 / J-PARC 所属。研究テーマは素粒子実験で、仕事はニュートリノビームを作ること。役職を離れて会議や書類書きなどの " 雑務 " から解放されたのを機に、古墳透視プロジェクトに入って、測定器の製作、解析に携わることとなった。趣味は読書だが、ニュートリノに入って以来、全然読む時間が無い。「地上霜」とか「霜满天」とか「おく霜」とか、良いね。

古墳を入口に、この活動を通して色々な歴史的活動に触れる機会が増えたが、目からウロコの驚きに満ちている。一度田中先生の古墳調査フィールドワークを見学させて頂いたことがあるが、すごく楽しそう。でも雨具防寒具を着込んで発掘調査に赴く中泉さん、林さんを見ると、どの分野も大変だなあと思う。このおもしろくも大変な遺跡調査の一翼を担えて光栄です。

調査副団長 / ミュオン担当 下村 浩一郎 (しもむら・こういちろう)

高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所所属。加速器を使って、人工的に作り出したミュオンという素粒子を使って、いろいろな研究をやっています。最近では小惑星リュウグウからはやぶさが持ち帰った石を分析して太陽系ができたころの様子を調べたり、江戸時代のお医者さんの薬瓶の中身を調べたりする実験に参加してました。趣味は海外にいったときにそこらへんの散歩・美術館めぐりくらいですかね。



30年くらい前に、当時の上司だった永嶺先生というかたと、つくば山のふもとの高エネ研の先生の別荘に宇宙線ミュオン検出器を据え付けて、いろいろ調整したあとに初めて山の透視像が見えたときにこれはすごいと思いました。それ以来久しぶりに、このようなプロジェクトに参加してみなさんと一緒にやれるのは大変楽しいです。この事業が日本中に広がるといいのですが。



ミュオン担当 小林 隆 (こばやし・たかし)

J-PARC センター所属。J-PARC センター長として、J-PARC でサイエンスの成果を出すために頑張ってます。専門の分野はニュートリノ研究です。東海村から岐阜県神岡のスーパーカミオカンデへニュートリノを発射する T2K 実験に長く携わってきました。

子どもたち、生徒の皆さんといっしょに、理科や古墳の楽しさを共有しながら、楽しくプロジェクトを進められてきました。プロジェクトを始めてから2年近く立ちましたが、参加の子どもたちの振る舞いの成長を見るのも楽しみです。みんなの感想で、もともと理科が好きだったけど、古墳にも興味が湧いたとか、逆に古墳が好きだったけど、理科にも興味が湧いてきたという感想をきいて、とっても嬉しく、このプロジェクトをやって良かった！と思いました。測定データがだんだん溜まってきました。空洞があるかどうか、結果がたのしみです！

ミュオン担当 高柳 智弘 (たかやなぎ・ともひろ)

日本原子力研究開発機構 加速器ディビジョン所属。J-PARC 加速器装置の研究開発に携わる仕事に従事。世界で唯一の装置の開発に情熱を燃やす。趣味はDIYとキャンプ。平日は仕事で装置を造り、休日は薪を燃やしキャンプ飯を作る。焚き火と食で心の疲れを癒す。



科学技術を用いて考古学を切り拓く新しい挑戦に、皆さんと参加できたことをとても嬉しく誇りに思います。『宇宙線ミュオンで古墳を透視プロジェクト』に集まったメンバーは、物理が好きなお子、古墳が好きなお子など興味の対象がバラバラです。しかし、測定器を作っているときは、同じ目標を持ったキラキラの One チームとなっています。その姿に私は励まされています。プロジェクトは次のステージへと進みます。さあ、一緒に歴史をつくろう！



ミュオン担当 吉井 正人 (よしい・まさひと)

高エネルギー加速器研究機構所属。東海村の大強度陽子加速器施設 J-PARC の円形加速器（シンクロトロン）で陽子ビームを加速するための装置の開発・設計とその装置を使ったビーム物理学の研究をしてきた。趣味は、自転車、バスケット、釣り、最近は、スポーツクライミングと登山にはまっている。

J-PARC 加速器施設では、たくさんの陽子を光速近くまで加速し、標的（炭素、金、水銀）にぶつけ、中性子、中間子、ミュオン、ニュートリノといった粒子を生成して、それを使って物質や原子核、素粒子の研究を行っている。宇宙線ミュオンを使った研究は、加速器のような大がかりな装置は使わないけれど、子ども達も参加できる地球規模の壮大な研究で興奮が冷めやらない。

情報担当 高瀬 久美子 (たかせ・くみこ)

高エネルギー加速器研究機構 J-PARC センター広報セクション所属。主に季刊誌 J-PARC の制作や J-PARC News の記事作成を担当しています。趣味は旅行とランニング、そして推しのライブに参戦することです。こしばらくレースから遠ざかっていますが、ウルトラマラソンは無理としてもフルマラソンには復帰したい！と思っています。



史学科出身で、中学・高校の社会科の教員をしていたこともあり、この活動をとっても楽しみにしていました。史学の現場からも教育の現場からも離れていたのも、懐かしさを感じるとともに、文理融合研究の大切さも実感する日々でした。文理融合研究を進めるためには、文系と理系の研究者を繋ぐ「かけはし」になる人材が必要で、私自身も「かけはし」になることを目指しています。この活動に参加してくれた子どもたちの中から、そんな人材が育ってくれたらと思います。



古墳担当 田中 裕 (たなか・ゆたか)

茨城大学人文社会科学部所属。考古学、文化財保護論、博物館学を専門として教育と研究に従事。研究テーマは、日本列島で国家ができるころ（おもに古墳時代）の政治・経済・社会・文化の解明。趣味は茨城のソウルフード、けんちんそばマップの作成（未着手）

これまで、こども向けの講座を幾度もしてきましたが、最先端の分析機器を造ることを通じてこども達が直接、科学の進歩に貢献できる立場になり、機器の完成よりその先にある「研究の目的」に沿って、彼らの貢献の意味や意義を一緒に考えるというのは、初めての試みでした。こども達の輝く目がまぶしく感じられることは、とても幸せに思います。

ミュオン担当 飯沼 裕美 (いいぬま・ひろみ)

茨城大学理工学研究科所属。物理学者です。J-PARC のミュオンビームを宇宙最小の磁石として活用し、宇宙の始まりの謎を解き明かす研究に取り組んでいます。趣味は緩い筋トレとジョギングです。クルマの運転も大好きです。



ミュオンつながりで、歴史的建造物の謎を探るプロジェクトに参加して早2年。普段の仕事関係者とは全くことなる人脈の広がり、そして手作り感満載の検出器を作る楽しさを実感しています。茨城大学飯沼研の学生たちと一緒に活動していますが、様々な分野の専門家から新しい知見を得て、また、児童たちとの交流を通して、学生達が成長していく姿を頼もしく思います。歴史的発見はもちろんのこと、お宝発掘も淡く期待しつつ楽しんでいきます。



ミュオン担当 葛葉 昌弥 (くずば・まさや)

茨城大学所属。研究テーマ：このプロジェクトが私の研究テーマです！測定器の運用、データの解析を主に行っています。趣味：最近手に入れた圧力なべで色々なものを煮込みまくっています。豚の角煮が1時間でできるのには感動しました。

歴史と未来の測定器で古墳が見え始めているという結果を出せたときはとても嬉しかったです。皆さんが製作してくれた測定器からのデータがノイズばかりという問題に直面した時は正直焦りましたが、古墳が見られるところまでこれで本当にほっとしています。今後も測定を続けて古墳の内部空間が見えるという報告を皆さんにすることができるよう頑張らせていただきます。

教育担当 佐藤 颯人 (さとう・はやと)

茨城大学所属。研究テーマ：J-PARC g-2/EDM 実験におけるキッカー装置の開発。実機製作に向け装置の仕様決定を進めている。最近、H&F BELXのフレーバルイボスティーを買って幸せ。ピーチが特に美味しい。



測定器の組み上げという貴重な経験ができて良かった。また直接的な経験だけでなく、ミュオグラフィによる古墳の内部空洞探査という文理融合のプロジェクトに参加しているというキャッチーな話題によってより多くの人との会話のきっかけになる為、非常に助かっている。今後、データ解析による内部空洞の探査から実際の検証まで興味をそそられるイベントが目白押しで楽しみ。



教育担当 滝沢 萌華 (たきざわ・もえか)

常陽銀行平支店所属。福島県いわき市の銀行員として営業活動を行う。担当は住宅ローン。茨城理学部物理出身。休日は外に出たくないので家でゲームをしている。

今まで古墳に対する知識は全くなかったが、今回の活動を経て少し詳しくなれたと思う。普段生活していても、古墳があると聞くと少し興味が湧くようになった。今後、本当に空洞を見つけられるかは分からないが、少なくとも子どもたちも含めて長期間のプロジェクトを行ったという経験は人生の糧になると思う。

教育担当 望月 康成 (もちづき・こうせい)

茨城大学理学部所属。g-2 EDM 実験における粒子軌道調整用の電磁石の設計。休日はアニメや映画を見て過ごしています。またお酒を飲むのも大好きです。



私は親が転勤族だったため、これまで地域とのつながりを持つ機会があまりありませんでした。しかし、「ミュオンにコーププロジェクト」に参加したことで、地域の方々と関わることができ、とても貴重な体験になりました。特に、研究者の皆さんのお話を直接聞いたことや、参加している子どもたちとミュオンの測定を行ったことがとても印象に残っています。とても充実した時間を過ごせたことに感謝しています。



教育担当 吉田 成一郎 (よしだ・せいichろう)

茨城大学理学部飯沼研究室所属。ミュオンビームの精密な制御に向けて、現在はシミュレーションを用いながらビームの性質や挙動を調べる研究をおこなっています。

準備作業にはたびたび参加していたものの、実際に参加できた活動は8月の講座・簡易測定器組立体験だけでした。しかし、小中高生の皆さんと一緒に簡易測定器を組み立て、目に見えないミュオンを電気信号として確認できたときの感動を今でもよく覚えています。このように自分の“見える”範囲を広げられるところも科学の醍醐味だと思います。プロジェクトは測定器2号機の作成まで進み、今後、さらに詳細な古墳内部の様子が見られることを楽しみにしています！

ミュオン担当 角野 秀一 (かくの・ひでかず)

東京都立大学理学部物理学科所属。東海村の J-PARC 加速器やつくば市の Super KEKB 加速器を用いたニュートリノやボトムクォークに関する研究を行っています。趣味は（最近はあまり行けていませんが）山登りです。



あまり活動に参加出来ていませんが、子どもたちが目を輝かせて実験装置から出てくる信号を面白そうに見ている様子が印象的でした。科学は面白い！と思ってもらえるようにこれからも活動に参加していきたいと思います。私も古墳の中がどうなっているのか、そしてそれをミュオンで捉えることができるか、今後の活動がとても楽しみです。



古墳・教育担当 中泉 雄太 (なかいずみ・ゆうた)

東海村歴史と未来の交流館(生涯学習課)所属。東海村の遺跡の保護、調査研究、文化財の展示・教育普及に従事。研究テーマは石器・石製品の石材同定及びその産地の解明。趣味は県内の海岸や河原で朝から晩まで石拾い。

「遺跡の発掘がしたい」というのが14歳の夢でした。この年齢になって、新たに夢を見ることなんてないと思っていましたが、「ミュオンで古墳を透視したい」という壮大な夢ができました。今日に至る道のりは苦難の連続でしたが、多くの先生方のお力と子どもたちの頑張りにより、ついに古墳透視を開始できました。ありがとうございます。今後の透視結果が本当に楽しみです！

古墳・教育担当 林 恵子 (はやし・けいこ)

東海村歴史と未来の交流館(生涯学習課)所属。主には、歴史と未来の交流館の展示、企画運営、村の歴史の調査研究を行っています。趣味は温泉に入ること。



宇宙線ミュオンという言葉が今や大好きになりました。宇宙線ミュオンと古墳のロマンがかけ合わさって日々大興奮です。また素晴らしい先生方や子ども達とチームをつくれたことは自分の人生の中で大きな糧となっています。感謝です。



教育担当 安 敦之 (やす・としゆき)

東海村歴史と未来の交流館(生涯学習課)青少年係 理科活動担当所属。主に親子理科教室や各種の子ども向け講座、学校と連携した授業などを担当しています。趣味は、ジョギングと鉄道。

私が現役のころ、生徒たちには「一つのことを突き詰める生き方とともに様々なことに挑戦する生き方と、両方をしてもらいたい」と伝えてきました。理由はそのことで人間性を磨くためです。このプロジェクトは正にこのことを体験できる価値ある活動だと考えています。つまり、皆さんは真理を探究すると同時に人の生き方も学んでいるのです。これからも、そういうつもりで参加してもらいたいと願っています。

編集後記

私たちは2年間の活動で、子どもたちと共に2台のミュオン測定器を製作し、そのうち1台を舟塚古墳群2号墳に設置することに成功しました。この瞬間も「歴史と未来の測定器」は、古墳に降り注ぐミュオンを測定していますが、データの解析はとても難しい作業です。埋葬施設の情報を得るにはまだまだ時間がかかりますが、古墳の輪郭を捉えるなどの成果が挙がっており、今後期待が高まりました。「歴史 × 科学」の先には何があるのでしょうか・・・もしかしたら科学の力で古墳の謎を解くという「ロマン」かもしれません。幅広い年代や様々な職種が交流して生まれる新たな「未来」かもしれません。みなさんは、どう思いますか？ぜひ、今後もミュオンにコーフンクラブの活躍にご期待ください。

(Y.N.)

写真と図でたどる「歴史と未来の測定器」設置の足取りとデータ解析

完成した測定器の設置、稼働、解析までの足取りを、写真や図を用いて追ってみたい。またデータ解析の状況については、茨城大学大学院の葛葉昌弥氏の解析結果を引用した。

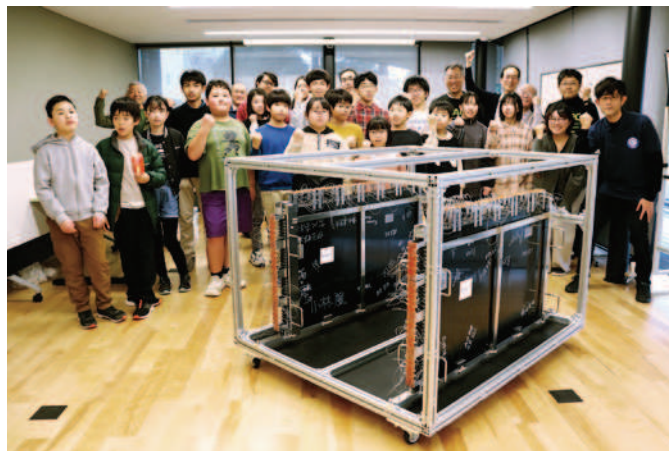


図1 測定器製作の記念写真

半年間かけて製作した「歴史と未来の測定器」の組み立てが完了し、2月18日に参加者で記念撮影を行なった。この後遮光のためのパネルを取り付けて製作は完了したが、パネルを取り付けると中が見えなくなるため、パネル取り付け前のタイミングでの記念撮影となった。



図2 測定器設置位置

9月22日の活動日に、児童生徒が古墳測定器の設置場所の検討を行なった。上図の赤点は地図上の検討で候補に挙げられた数々の候補地（の一部）。その後児童生徒自身で現地調査を行なって候補地を絞り込み、最終的には「荒谷台住宅配水場」敷地内を最終候補地に選定した。



図3 測定器の設置作業

荒谷台住宅配水場は原子力科学研究所の所有地なので、JPARC 運営推進を通して配水場を管理している工務課に敷地使用のお願いを行ない、承諾を頂いた。設置作業は双葉工業に依頼することとし、双葉工業と一緒に詳しい現地調査を行ない設置位置を決定、10月13日に児童生徒や運営スタッフが見守る中、無事設置作業を行なった。

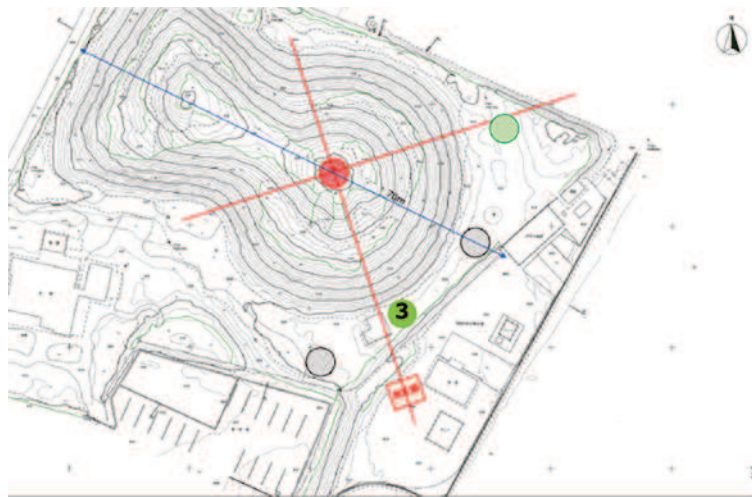


図4 実際に測定器を設置した位置

設置された測定器の位置は古墳に対して上図のような位置にある。この位置関係をもとにデータの解析を行なう。図中③は児童生徒が考えた設置候補地の1つであるが（他の候補地も示してある、現地調査で樹木が設置の邪魔になることがわかり、少し遠いがほぼ同じ直線上にある位置に設置した。

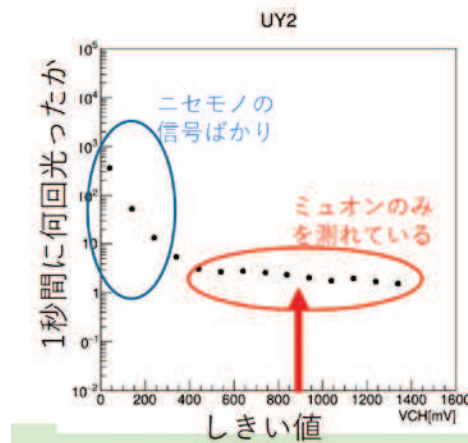


図5 測定器の調整：しきい値

測定器は設置すれば動くというわけにはいかず、数々の調整が必要である。設置前にも歴史と未来の交流館で入念に調整を行っていたが、交流館と屋外設置場所では環境が異なるため、設置後にも環境に合わせた再調整が必要である。上の図は「しきい値」と呼ばれるパラメータの調整の例で、大きい信号は本物の宇宙線ミュオン、小さい信号はニセモノのノイズなので、ある値（しきい値と言う）を決めて、それより小さい信号は捨てるという解析を行なう。このしきい値調整は測定期間中ずっと行なう必要があり、現在も行なっている。

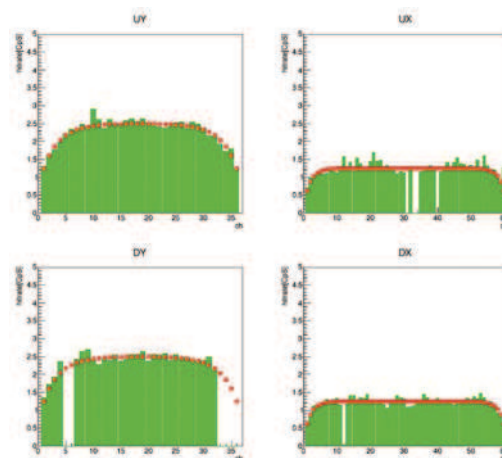


図6 測定器の調整：カウント数

空から降ってくる宇宙線ミュオンの数は詳しく測定されてわかっている。前述のしきい値の調整がうまくできていれば、測定器のカウント数はこの降ってくるミュオンの数になるはずである。上の図の緑エリアは4面ある測定器の各々の面のカウント数で、だいたい予想（赤線）通りのカウント数に調整できていることがわかる。いくつかの「歯抜け」チャンネルがあるが、これは不具合があつてデータを取れていないチャンネルである。全 192 チャンネルのうち数%の不具合チャンネルがあるが、古墳の測定には支障ないレベルである。

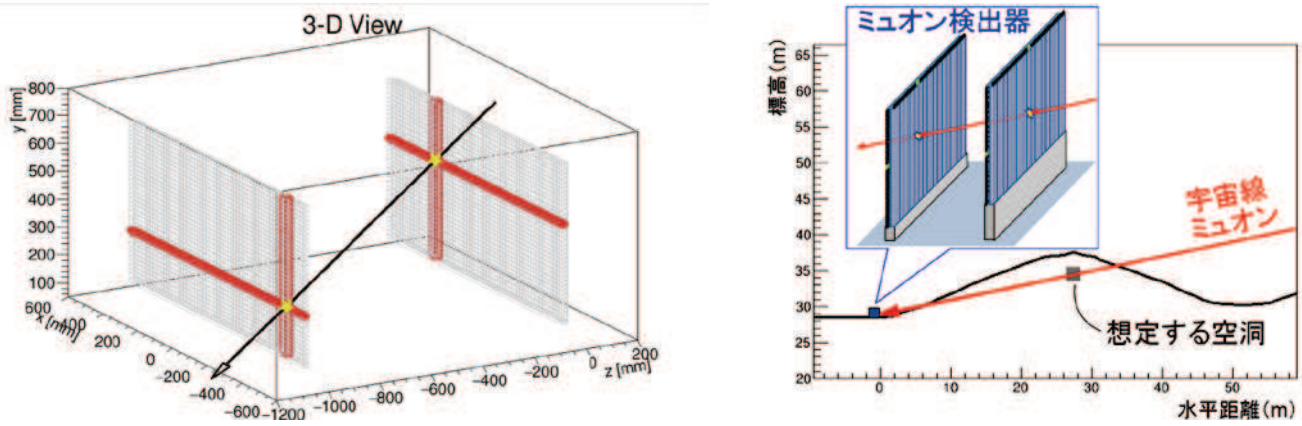


図7 測定された宇宙線ミュオンのトラック

測定器は2組の測定面から構成され、各々の測定面は水平方向の位置と垂直方向の位置を測ることができる。測定器をミュオンが貫通すると、2組の測定面の各々でミュオンの通過位置を測ることができる。その2点をつないだ直線が貫通したミュオンの通った道筋(トラック)になる。左図は実際に古墳測定器で測定されたデータと、解析で得られたトラックである。これを古墳方向に延長すれば、このミュオンが古墳のどこを通過してきたかがわかる(右図)。このようなミュオンのトラックの再構成ができていことから、測定器の各測定面は正しく動いていることがわかる。

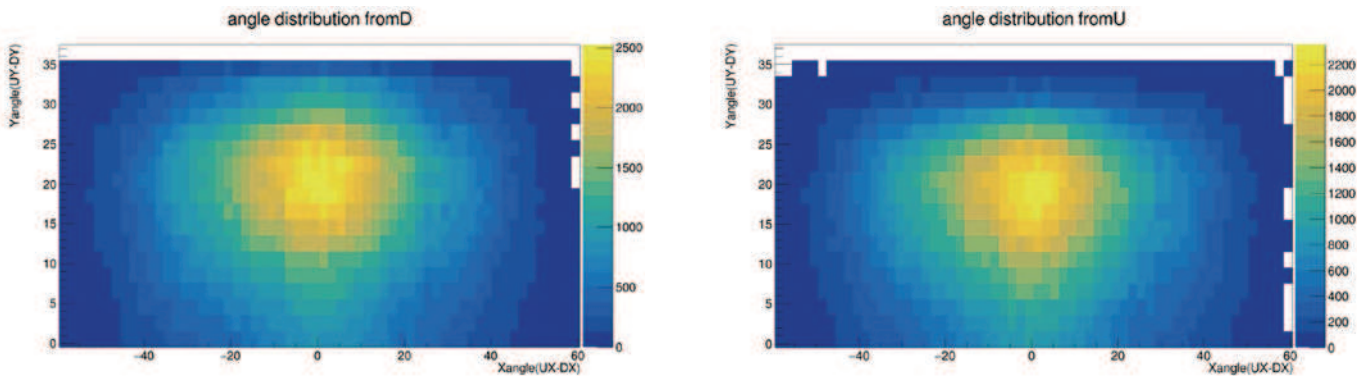


図8 測定器で測った宇宙線ミュオンの方向分布：左は古墳方向、右は古墳と反対方向

測定器を貫通したミュオンの方向を測って、多数のミュオンについてその方向の分布を作ったものが上のプロットである。これは「空から降ってくる宇宙線ミュオンの方向の分布」と「測定器の測定可能範囲」を掛け合わせたものになる。明るい部分は測定されたミュオンの数が多い、青い部分は少ない。測定器は中心軸方向のミュオンに対して測定効率がよく、斜めに入射するミュオンに対しては測定効率が悪い。このため中心部が明るい分布になるが、もともとのミュオンは上から降ってくる数が多いため、明るいスポットは中心よりも上にずれる。測定器は想定通りの反応をしていることがわかる。古墳方向と古墳と反対方向で、明るい部分にわずかな違いがあるが、この図で比べても良くわからない。違いがよくわかる解析をする必要がある。

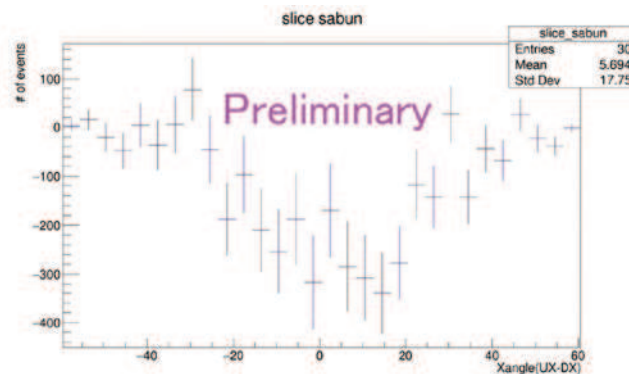


図9 古墳方向の土盛の影

数々のチェックにより測定器はちゃんとデータを取っていることがわかったので、いよいよ古墳を見てみる。古墳の土はミュオンを遮る性質があるため、古墳を通過したミュオンの数は古墳を通過しないミュオンの数よりも少なくなる。上の図は古墳を見るはずの角度について、「古墳方向からのミュオン」と「古墳と反対方向からのミュオン」の数の「差」をプロットしたものである。ミュオンの数が減っている領域が、古墳の土盛の影である。横軸は古墳の水平方向の広がり、図4から計算される古墳の広がり26度とだいたい合っている。縦軸は古墳の高さではなく、測定されたミュオンの数の差(減少)であることに注意。測定器を設置してからの測定器の調整には、長時間測定してデータをためないと調整の精度が上がらないものもある。それらのパラメータの調整は現在も行なっており、測定器の性能はまだ万全ではない。また測定された宇宙線の数もまだ十分ではない。土盛のなかにあるはずの空洞を見つけるには、もっと調整の精度を上げること、もっとミュオンのデータをためることが必要である。



空から見た舟塚古墳群2号墳（1970年代撮影）

ミュオンにコーフン通信 Vol.2

発行 令和7年3月31日
発行者 宇宙線ミュオンによる古墳調査会（事務局：東海村教育委員会生涯学習課）
所在地 〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 768 番地 38
Tel：029-287-0851 Fax：029-287-7060
E-mail：syougaiakusyu@vill.tokai.ibaraki.jp
印刷 大富印刷株式会社